



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Industrial**

**Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**Análisis y propuesta de mejora en la productividad de  
una línea de envasado de desodorantes utilizando la  
metodología SMED**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial**

**AUTOR**

**Scott Derek HUERTA VALENTÍN**

**ASESOR**

**Jorge PEREYRA SALAZAR**

**Lima, Perú**

**2017**



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Huerta, S. (2017). *Análisis y propuesta de mejora en la productividad de una línea de envasado de desodorantes utilizando la metodología SMED*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---



## ACTA N°023-VDAP-FII-2017

### SUSTENTACIÓN DE TESINA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día viernes 15 de Septiembre de 2017, a las 10:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesina:

**"ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA PRODUCTIVIDAD DE UNA LÍNEA DE ENVASADO DE DESODORANTES UTILIZANDO LA METODOLOGÍA SMED"**

Que presenta el Bachiller:

**HUERTA VALENTÍN, SCOTT DEREK**

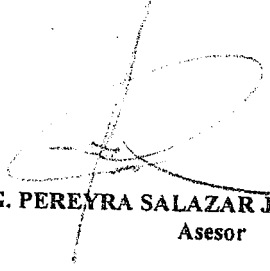
Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Perfeccionamiento Profesional**.

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 11:15 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con la calificación promedio **DIECISIETE**, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 15 de septiembre de 2017

  
MG. SALAS BACALLA JULIO ALEJANDRO  
Presidente

  
ING. HUARI EVANGELISTA FELIX  
Miembro

  
ING. PEREYRA SALAZAR JORGE ANTONIO  
Asesor

Dedicado a mi madre, Janett Valentín Rodríguez quien me ha dado los mejores consejos y el apoyo incondicional para poder llegar a ser el profesional que hoy en día soy.

A mi hermana Belinda, mi tía Cena, mi abuela Marina, mi novia Silvana y familia en general, gracias por el apoyo brindado a lo largo de toda mi carrera universitaria.

## **RESUMEN**

La necesidad de las empresas por sacar al mercado una mayor variedad de productos, ha hecho que los lotes de producción sean cada vez más pequeños, esta flexibilidad exige una mayor productividad, sin embargo, las empresas apuestan por invertir en tecnología e incrementar su capacidad instalada, pero pocas se dan cuenta que también existen desperdicios que al eliminarlos también incrementan la productividad.

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar una propuesta para la reducción del tiempo en el cambio de formato en una línea de envasado de desodorantes en rollón, para ello se aplicará las 4 etapas de la metodología SMED, la cual fue desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo desde 1950 y sus principios son aplicados actualmente en diversas empresas.

En la Primera etapa se realiza un levantamiento de la información para saber cuál es el estado actual de la ejecución del cambio de formato, luego en la Segunda etapa se clasifican las actividades de acuerdo a las definiciones teóricas con la finalidad de diferenciar que actividades influyen directamente en el tiempo de cambio de formato. En la Tercera etapa se aplican las técnicas para convertir las actividades internas en actividades externas y la Cuarta etapa corresponde a un análisis a detalle de cada actividad interna buscando reducir al máximo el tiempo que toma su ejecución; luego de culminar estas etapas se determina el tiempo óptimo para ejecutar el cambio de formato.

Finalmente, se evalúa el impacto económico a través de los costos de la implementación, el monto anual de ahorro y el análisis del flujo de caja.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1.    Formulación del problema .....	3
1.2.    Problemas específicos.....	3
1.3.    Justificación .....	3
1.4.    Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5.    Formulación de la hipótesis.....	4
1.5.1. Hipótesis General.....	4
1.5.2. Hipótesis Específicas .....	5
1.6.    Identificación y clasificación de variables.....	5
1.6.1. Variable dependiente .....	5
1.6.2. Variables independientes .....	5
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1.    Antecedentes .....	6
2.2.    Bases teóricas .....	8
2.2.1. Concepto de SMED .....	8
2.2.2. Tiempo de cambio de formato .....	8

2.2.3. Actividades internas y externas .....	10
2.2.4. Metodología.....	10
2.3. Técnicas para la aplicación de la metodología SMED .....	14
2.3.1. Técnicas en la Etapa preliminar .....	14
2.3.2. Técnicas en la Etapa 1 .....	14
2.3.3. Técnicas en la Etapa 2.....	15
2.3.4. Técnicas en la Etapa 3.....	18
<b>CAPITULO III. ANÁLISIS DE LA EMPRESA.....</b>	<b>24</b>
3.1. Descripción de la empresa .....	24
3.2. Estructura Organizacional .....	26
3.3. Estructura de Producción .....	26
3.4. Tipologías de producto en el área de Cremas y Shampoo .....	29
3.4.1. Rollón .....	30
3.4.2. Emulsión.....	31
3.4.3. Colonias.....	32
3.4.4. Lociones .....	33
3.4.5. Potes .....	34
3.4.6. Tubos .....	34
3.5. Oportunidades de mejora en el área .....	37
3.5.1. Paradas de línea.....	37
3.5.2. Horas – hombre desperdiciadas.....	38
3.6. Caso de estudio .....	40
3.6.1. Materiales .....	40



3.6.2. Mano de obra.....	42
3.6.3. Máquinas.....	42
3.6.4. Método .....	43
<b>CAPITULO IV. APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA SMED .....</b>	<b>49</b>
4.1. Etapa Preliminar .....	49
4.1.1. Layout de planta.....	49
4.1.2. Secuencia de actividades.....	51
4.1.3. Diagrama Spaguetti .....	54
4.2. Etapa 1: Separar las actividades internas y externas .....	56
4.3. Etapa 2: Convertir las actividades internas en externas .....	59
4.4. Etapa 3: Perfeccionar el proceso de las actividades .....	66
<b>CAPITULO V. EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO .....</b>	<b>74</b>
5.1. Costos de personal .....	75
5.2. Costos de implementación .....	76
5.3. Ahorro generado por la implementación .....	78
5.4. Flujo de caja .....	81
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>82</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 2.1 PASOS EN EL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO .....	9
CUADRO N° 3.1 CARACTERISTICAS DE LAS TIPOLOGIAS .....	36
CUADRO N° 3.2 TIEMPO DE PARADAS DE LINEA .....	38
CUADRO N° 3.3 HORAS HOMBRE DESPERDICIADAS .....	39
CUADRO N° 3.4 DOP DE ENVASADO DE ROLLÓN .....	44
CUADRO N° 3.5 PROGRAMA DE ENVASADO .....	45
CUADRO N° 4.1 ACTIVIDADES DEL TÉCNICO DE CODIFICADO .....	51
CUADRO N° 4.2 ACTIVIDADES DEL TÉCNICO DE LINEA .....	51
CUADRO N° 4.3 ACTIVIDADES DEL ABASTECEDOR DE LÍNEA .....	53
CUADRO N° 4.4 CLASIFICACIÓN DE ACTIV. DEL TÉCNICO DE CODIFICADO .....	56
CUADRO N° 4.5 CLASIFICACIÓN DE ACTIV. DEL TÉCNICO DE LINEA .....	56
CUADRO N° 4.6 CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DEL ABASTECEDOR .....	58
CUADRO N° 4.7 ACTIVIDADES A CONVERTIR DEL TÉCNICO .....	59
CUADRO N° 4.8 ACTIVIDADES A CONVERTIR DEL ABASTECEDOR .....	62
CUADRO N° 4.9 CLASIFICACIÓN DE ACTIV. DEL TÉCNICO DE LINEA LUEGO DE LA ETAPA 1 .....	63
CUADRO N° 4.10 CLASIFICACIÓN DE ACTIV. DEL ABASTECEDOR LUEGO DE LA ETAPA 1 .....	65
CUADRO N° 4.11 ACTIVIDADES A PERFECCIONAR .....	66
CUADRO N° 4.12 ACTIV. DEL TECNICO LUEGO DEL PERFEC. ....	71
CUADRO N° 4.13 ACTIV. DEL ABASTECEDOR LUEGO DEL PERFEC. ....	72
CUADRO N° 5.1 COSTO DE HORAS HOMBRE S. PUESTO DE TRABAJO .....	75
CUADRO N° 5.2 DETALLE DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN .....	77
CUADRO N° 5.3 RESUMEN DEL TIEMPO DE CAMBIO DE FORMATO .....	78
CUADRO N° 5.4 PRODUCCIÓN MENSUAL POR TIPOLOGÍA DE PRODUCTO (en unidades) .....	79
CUADRO N° 5.5 CÁLCULO DEL AHORRO ANUAL .....	80
CUADRO N° 5.6 FLUJO DE CAJA .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2.1 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA SMED .....	13
FIGURA N° 2.2 CAMBIO DE RUEDAS EN 1950 - FORMULA 1 .....	20
FIGURA N° 2.3 CAMBIO DE RUEDAS EN 2013 - FORMULA 1 .....	20
FIGURA N° 2.4 ORIFICIOS EN FORMA DE PERA .....	21
FIGURA N° 2.5 ARANDELA EN FORMA DE “U” .....	23
FIGURA N° 2.6 ROSCAS ACANALADAS.....	23
FIGURA N° 3.1 FLUJO DE LA CADENA DE SUMINISTRO .....	25
FIGURA N° 3.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	27
FIGURA N° 3.3 ÁREAS DE PRODUCCIÓN .....	28
FIGURA N° 3.4 TIPOLOGÍAS EN EL ÁREA DE CREMAS Y SHAMPOOS .....	29
FIGURA N° 3.5 TIPOLOGÍA ROLLÓN.....	30
FIGURA N° 3.6 TIPOLOGÍA EMULSIÓN.....	31
FIGURA N° 3.7 TIPOLOGÍA COLONIAS.....	32
FIGURA N° 3.8 TIPOLOGÍA LOCIONES.....	33
FIGURA N° 3.9 TIPOLOGÍA POTES .....	34
FIGURA N° 3.10 TIPOLOGÍA TUBOS .....	35
FIGURA N° 3.11 COMPONENTES DEL ROLLÓN .....	41
FIGURA N° 3.12 LÍNEA DE ENVASADO ROLLÓN .....	43
FIGURA N° 3.13 OPERACIÓN 1- COLOCADO DE FRASCOS .....	46
FIGURA N° 3.14 OPERACIÓN 2, 3, 4 –ENVASADO, BOLILLA Y TAPADO....	46
FIGURA N° 3.15 OPERACIÓN 5 –ETIQUETADO DE CUERPO .....	47
FIGURA N° 3.16 OPERACIÓN 6 - ETIQUETADO BIDIMENSIONAL .....	47
FIGURA N° 3.17 OPERACIÓN 7 – EMBALADO.....	48
FIGURA N° 4.1 LAYOUT DE PLANTA .....	50
FIGURA N° 4.2 DIAGRAMA SPAGUETTI .....	55
FIGURA N° 4.3 TÉCNICA DE LOS MATERIALES CONTINUOS .....	61
FIGURA N° 4.4 ABRAZADERA DE DOBLE AJUSTE .....	67
FIGURA N° 4.5 ABRAZADERA CON BISAGRA .....	68
FIGURA N° 4.6 TRASLADO REALIZADO POR EL TÉCNICO .....	70
FIGURA N° 4.7 PROPUESTA DE TRASLADO DE TÉCNICO .....	70

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la industria manufacturera de cosméticos y productos higiene personal en general atraviesa una etapa de muchos cambios, incremento en la competencia con productos extranjeros y con diferente valor agregado; lo que hace que sea necesario cada vez más para una empresa del rubro expandir su mercado, ofrecer los mejores costos a sus clientes y satisfacer a la demanda en cantidad, calidad y fecha requeridos.

Es así que en busca de incrementar la competitividad muchas empresas optan por mejorar su oferta y reducir sus costos sin afectar la calidad de sus productos, para ello se valen de las diferentes herramientas de la ingeniería industrial; las cuales al ser aplicadas incrementan la productividad, generan ahorros, reducen las mermas, mejoran la calidad, reducen costos y tiempos innecesarios.

Particularmente el presente estudio se enfocará en los beneficios que se obtienen al reducir tiempos innecesarios del proceso de cambio de formato en una línea de envasado de desodorantes en rollón.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La línea de envasado de desodorantes en rollón en una empresa manufacturera de productos de higiene y cuidado personal posee un tiempo de cambio de formato entre 20 y 25 minutos, este tiempo en ocasiones puede ser mucho mayor debido a la falta de organización de actividades involucradas en todo el proceso de cambio de formato.

La tipología de rollones posee el más alto porcentaje de horas hombre desperdiciadas por paradas de línea, y su producción representa el 27.2% de la producción total del área, también cabe mencionar que la productividad de la línea es de 3,600 unidades por hora, y según el programa de producción se realizan hasta 2 cambios de formato por turno; considerando el mejor escenario

de 20 minutos por cada cambio de formato, se tiene 40 minutos de la jornada diaria dedicados al cambio de formato; teniendo en cuenta que la línea requiere de 7 personas para su operación, se desperdician 4.67 Horas-hombre diarias mientras los operarios esperan a que la línea arranque nuevamente.

### **1.1. Formulación del problema**

¿La aplicación de la metodología SMED, reducirá el tiempo de cambio de formato en una línea de envasado de desodorantes en rollón?

### **1.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son las actividades involucradas con el cambio de formato de la línea de envasado de desodorantes en rollón?
- ¿Cuál es el tiempo óptimo para ejecutar el cambio de formato?
- ¿De qué manera se puede medir económicamente la factibilidad de aplicar la propuesta?

### **1.3. Justificación**

El tiempo de cambio de formato de la línea puede ser optimizado con la utilización de las herramientas de Lean Manufacturing, en este caso puntual la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die).

La adecuada aplicación de esta metodología permitirá reducir y optimizar el tiempo de cambio de formato; de este modo se puede generar un ahorro considerable para la empresa, lo cual se puede reflejar en el incremento de la

cantidad de unidades producidas por día y la maximización de utilización de mano de obra directa.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Elaborar una propuesta para reducir el tiempo de cambio de formato en una línea de envasado de desodorantes en rollón, a través de la adecuada aplicación de la metodología SMED.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Hacer un levantamiento de información de las actividades involucradas en el cambio de formato de la línea de envasado de desodorantes en rollón.
- Aplicar las 4 etapas de la metodología SMED y determinar el tiempo óptimo del cambio de formato.
- Evaluar el impacto económico en caso de ejecutar la propuesta de reducción de tiempo.

## **1.5. Formulación de la hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

Mediante la aplicación de los principios y técnicas de la metodología SMED, se reduce el tiempo de cambio de formato incrementando la productividad.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- Las actividades involucradas en el cambio de formato se determinan mediante un estudio de tiempos.
- El tiempo óptimo de cambio de formato se obtiene luego de aplicar la metodología SMED.
- La factibilidad económica en caso de ejecutar la propuesta se mide con el desarrollo del flujo de caja y los indicadores VAN y TIR.

## **1.6. Identificación y clasificación de las variables**

### **1.6.1. Variable dependiente**

- Tiempo de cambio de formato.

### **1.6.2. Variables independientes**

- Secuencia de actividades en el cambio de formato.
- Métodos de anclajes funcionales.
- Asignación de actividades del abastecedor y técnico.
- Políticas de flujo de personal dentro del área de envasado.



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

En 1950 el Ing. Shigeo Shingo realizó una investigación en una Planta de MAZDA llamada Toyo Kogyo en Hiroshima – Japón, la cual tenía por objetivo eliminar los cuellos de botella ocasionados por las prensas de moldeado de carrocerías.

En primera instancia, Shingo realizó una inspección previa y luego solicitó al Jefe de planta permiso para realizar un análisis por una semana, con cronómetro, de las actividades que se hacen en estas grandes prensas; sin embargo obtuvo la respuesta de que sería una pérdida de tiempo ya que tenía a los trabajadores más diestros en las prensas y 3 turnos de producción, según el Jefe de planta el problema se solucionaría comprando más máquinas y así

incrementar la productividad. Shingo insistió en hacer el análisis de una semana y convenció al jefe de que si no diera resultado, él mismo aconsejaría a la alta dirección a comprar más máquinas.

En el análisis del tercer día, en el proceso, se percató que al momento de realizar un cambio de molde para las prensas, uno de los empleados a cargo de esta actividad no lograba encontrar un tornillo necesario para ejecutar el cambio, debido esto se fue a buscarlo por todas partes y volvió luego de más de una hora con el tornillo, sin embargo este correspondía a un tornillo largo del siguiente molde, el cual había sido cortado para adaptarlo al cambio de molde en curso. Shingo pensó entonces que pasaría cuando tenga que preparar la siguiente máquina y el molde de donde lo cogió.

Es aquí en donde surge la idea de que las operaciones de preparación de máquinas eran de 2 tipos diferentes:

- *“Preparación interna, como montar o desmontar matrices, que pueden realizarse solo cuando la máquina esta parada.” (Shingo S. 1993)*
- *“Preparación externa, como transportar las matrices viejas al almacén, o llevar las nuevas hasta la máquina, que pueden realizarse mientras la máquina está en operación”. (Shingo S. 1993)*

La adecuada aplicación de estos principios, permitió incrementar la eficiencia en 50% eliminándose el cuello de botella en la planta de MAZDA, de esta manera surgiría una nueva metodología para cambios rápidos de formato llamada SMED la cual fue aplicada también años después en el verano de 1957 en MITSUBISHI Heavy Industries y en 1969 en TOYOTA Motor

Company, extendiendo su estudio y formando parte de la filosofía JIT (Just in Time).

Shigeo Shingo señalaba que las empresas se enfocaban en mejorar las habilidades de los operarios para realizar un adecuado cambio de herramienta, pero no se percataban que parte importante también es mejorar la propia metodología del cambio de herramienta. Debido a esto el SMED fue desarrollado a lo largo de 19 años para mejorar los tiempos de preparación en todas las industrias y para todo tipo de máquinas y herramientas.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Concepto de SMED**

SMED (Single Minute Exchange of Die) es una metodología para reducir los tiempos de cambio formato a un solo dígito de minutos.

### **2.2.2. Tiempo de cambio de formato**

Es el tiempo transcurrido desde la salida de la última pieza de una máquina o sistema de producción hasta la salida de la primera pieza correcta de la siguiente serie luego de haber ejecutado el cambio de herramienta.

Dentro del proceso de cambio de formato para cualquier industria se pueden identificar la siguiente una secuencia de pasos que se resumen en el Cuadro N°2.1 y se describen a continuación.

## CUADRO N° 2.1 PASOS EN EL PROCESO DE CAMBIO DE FORMATO

Operación	Proporción del tiempo
Preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales	30%
Montar y desmontar herramientas	5%
Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones	15%
Producción de piezas de ensayo y ajustes	50%

Fuente: Una revolución en la producción: El sistema SMED

### **a) Preparación, ajustes post-proceso y verificación de materiales herramientas, troqueles, moldes, etc.**

Este paso consiste en asegurarse de tener todo lo necesario para realizar el cambio y también el retiro y limpieza de los materiales de la producción anterior.

### **b) Montar y desmontar herramientas, etc.**

Aquí se incluye el retiro de moldes, piezas o herramientas después de terminada la producción, y la colocación del nuevo molde, pieza o herramienta para la siguiente producción.

### **c) Centrar, dimensionar y fijar otras condiciones**

En esta parte se realizan los ajustes necesarios para realizar una operación de producción, incluye la medición de variables de acuerdo a la máquina (temperatura, presión, etc.)

#### **d) Producción de piezas de ensayo y ajustes**

En esta última etapa se dan los últimos ajustes luego de realizar una pieza de la producción, mientras haya más precisión en las medidas y calibración menor será el tiempo de ajuste antes de tener la primera pieza correcta de la producción.

### **2.2.3. Actividades internas y externas**

Estos dos conceptos son fundamentales para realizar el estudio, ya que se utilizarán a lo largo de toda la metodología para la aplicación del SMED:

#### **a) Actividades internas**

Son las que se realizan necesariamente cuando la máquina o sistema de producción se encuentra completamente detenido.

#### **b) Actividades externas**

Son aquellas que pueden realizarse mientras la máquina o sistema de producción se encuentra en marcha es decir en pleno proceso de producción.

### **2.2.4. Metodología:**

La metodología consta de 4 etapas para su ejecución exitosa:

**a) Etapa Preliminar: Estudio de la operación o sistema de producción**

En esta etapa se realiza el estudio preliminar de la operación, se identifican actividades realizadas en la ejecución del cambio de formato, las cuales deben ser cronometradas y/o documentadas en flujogramas, DOP y otras herramientas con las que se pueda representar la secuencia y duración de las actividades.

Entre los puntos importantes que también debemos prestar atención e incluir en el estudio tenemos:

- La limpieza y orden del puesto de trabajo
- La distancia entre las herramientas o dispositivos a utilizar
- La distribución de personal que ejecuta el cambio y el nivel de experiencia
- El nivel de tecnología utilizada en el cambio y la disponibilidad de herramientas

**b) Etapa 1: Separar las actividades internas y externas**

*“El paso más importante en la realización del sistema SMED es la diferenciación entre la preparación interna y externa.” (Shingo S. 1993).*

En esta etapa se debe hacer uso de las actividades antes estudiadas y determinar cómo se están ejecutando actualmente

en la operación, se deben diferenciar entre actividades internas y externas de acuerdo a las definiciones establecidas.

*“Si hacemos un esfuerzo científico por tratar la mayor parte posible de la operación de preparación como externa, el tiempo necesario para la preparación interna- realizada mientras la maquina no funciona- se reducirá usualmente entre un 30 y 50%.” (Shingo S. 1993).*

#### **c) Etapa 2: Convertir las actividades internas en externas**

En esta etapa el objetivo es tomar las actividades realizadas de manera interna y evaluar la factibilidad de convertirla en externas, es decir realizarlas en cuanto la máquina se encuentra en marcha y así disminuir el tiempo utilizado en el cambio de herramienta.

*La etapa comprende dos conceptos importantes:*

- *“Reevaluación de operaciones para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos*
- *Búsqueda de formas para convertir esos pasos en externos.” (Shingo S. 1993).*

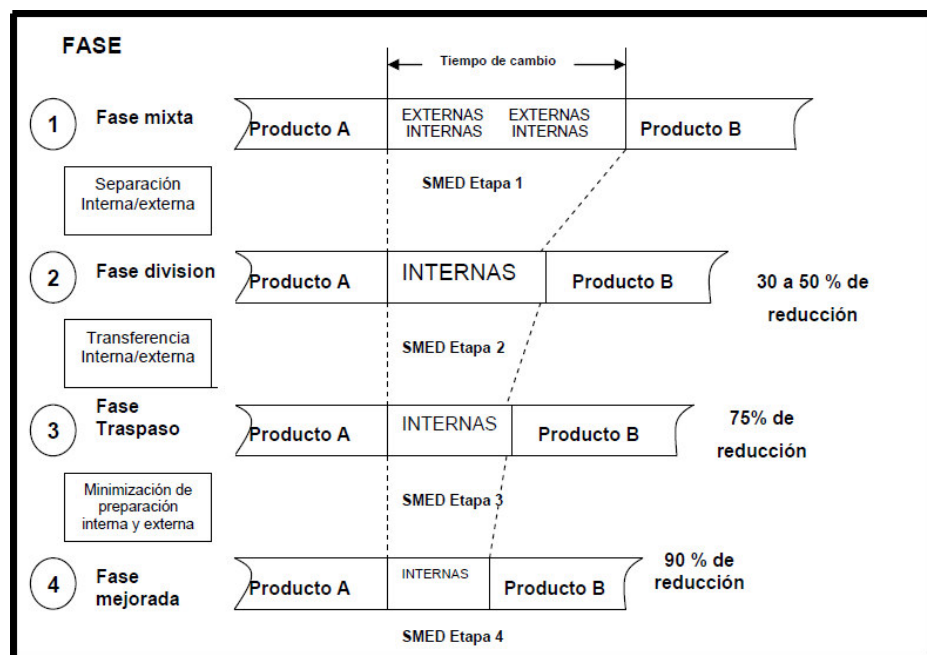
#### **d) Etapa 3: Perfeccionar el proceso de las actividades**

En la última etapa se perfeccionan las actividades internas y externas, se busca realizar el análisis detallado de cada tarea

que abarca el cambio de formato, de esta manera surgen ideas para reducir aún más el tiempo de las actividades.

En la Figura N° 2.1 se grafica las etapas del SMED, en ella se puede apreciar que se puede reducir el tiempo de cambio de formato hasta en 90%, siempre buscando la forma de convertir actividades internas en externas y mejorando el tiempo de cada actividad.

FIGURA N° 2.1 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA SMED



Fuente: Una revolución en la producción: El sistema SMED



## **2.3. Técnicas para la aplicación de la metodología SMED**

### **2.3.1. Técnicas en la Etapa preliminar**

En esta etapa se debe hacer uso de las herramientas de recolección de datos y dependiendo del tipo de industria se podría utilizar las siguientes:

- a) Utilización de cronometro:** Su uso es eficaz para registrar los tiempos en fracciones pequeñas, sin embargo, consume bastante tiempo y requiere de mucha habilidad de la persona.
- b) Grabación en video:** Esta técnica es mas efectiva, ya que el video registra por defecto el tiempo en el que se realizan las actividades, y podemos verlo varias veces para analizar las actividades a detalle y proponer mejoras.
- c) Entrevistar a los trabajadores:** Es muy enriquecedor obtener el punto de vista de los mismos trabajadores, así como sus sugerencias para mejorar el proceso, también preguntarles como creen ellos que están haciendo el trabajo y que dificultades tienen.

### **2.3.2. Técnicas en la Etapa 1**

- a) Lista de comprobación:** Utilizando la lista de las actividades mapeadas, se debe identificar dos columnas con títulos de actividad interna y externa en la cual se pueda diferenciar a donde pertenece cada una.

En caso de tener duda, se debe revisar nuevamente las técnicas descritas en la etapa anterior, es decir revisar nuevamente los videos o consultar con los operarios y trabajadores del área.

### **2.3.3. Técnicas en la Etapa 2**

Las técnicas para esta etapa se detallan a manera de ejemplos de aplicación realizados por El Ing. Shigeo Shingo, a lo largo de su investigación y desarrollo del SMED.

#### **a) Precalentamiento de moldes:**

En máquinas de fundición los moldes fríos se suben a la máquina y se calientan hasta la temperatura necesaria para realizar una primera colada, estas primeras coladas son reprocesadas hasta obtener el primer producto conforme. En este caso para convertir la actividad interna del calentamiento del molde se puede recurrir a realizar un pre-calentamiento con gas, energía eléctrica o aprovechar la temperatura que disipa alguna máquina para construir sobre esta una rejilla de soporte para el molde y así poder pre-calentar los moldes de la operación siguiente.

#### **b) Preparación en recipiente auxiliar:**

En una fábrica de tejidos, la operación de teñido se realiza sumergiendo una rejilla contenedora del tejido dentro de una

tinaja, la cual es calentada con vapor hasta llegar a la temperatura correcta. Aquí la conversión de actividad interna a externa se hace mediante la colocación de una tinaja auxiliar conectada a la principal, de modo que mientras un lote era procesado en la tinaja principal, la segunda tinaja era rellena con el colorante y precalentada hasta llegar a la temperatura requerida; cuando el primer lote acababa se abría una válvula y la solución del colorante precalentado pasada a la tinaja principal de teñido.

**c) El método de los materiales continuos:**

Ese método fue aplicado en una fábrica de muelles, la operación consistía en cambiar las bobinas cuando se acababa el rollo de alambre del muelle, para reducir el tiempo y convertir la operación interna en externa se ideó soldar el final de la bobina con el inicio de la siguiente, de modo que la nueva bobina comenzara apenas se acabe la anterior.

**d) El método del stock temporal:**

Este método se aplicó en una prensa progresiva, en la cual un montacargas o carretilla elevadora traía cada rollo de alambre y lo colocaba cuando el anterior se había terminado. Sin embargo si existiera algún problema con los montacargas cada segundo de atraso afectaría la producción. Se elaboró un contenedor de

bobinas en el cual se mantenía un rollo de alambre en stock de manera que una vez que se acababa el rollo se empujaba el siguiente hasta su posición para continuar con la producción, luego el montacargas tenía que realizar la reposición del stock en el contenedor.

**e) El método de estandarización de funciones:**

Estandarizar el tamaño y dimensiones de todas las herramientas se debe realizar solo a aquellas piezas cuyas funciones son necesarias para realizar el cambio de formato, ya que de lo contrario se incurrirá en costos excesivos.

**f) Colocación de las brocas en un torno:**

Antiguamente las brocas se colocaban directamente al portaherramientas de un torno, y luego se realizaban actividades de centrado, alinear alturas, etc. El cambio de esta operación interna en externa se hizo diseñando un casquillo rectangular estandarizado en el cual se fija la broca mientras la máquina se encuentra aún en marcha, una vez que finaliza la producción solamente se empuja el casquillo contra la superficie del portaherramientas.

Al igual que las técnicas mencionadas, existen muchas otras dependiendo de la industria y el tipo de máquina en la que se realizará el cambio de formato, la idea está en ser muy observadores e identificar las

actividades que pudieran realizarse de manera externa, implementando alguna modificación y/o sistema con la finalidad de acortar los tiempos de dicha actividad.

#### **2.3.4. Técnicas en la Etapa 3:**

Las técnicas para mejorar las actividades externas, se dan básicamente en el almacenamiento, preparación y transporte de herramientas las cuales contribuyen a reducir los tiempos y horas hombre necesarias para la preparación externa, sin embargo, tengamos en cuenta que esto no contribuye a alcanzar los objetivos del SMED, y debe hacerse en el caso de un gran número de herramientas y/o actividades de preparación.

Para el caso de las actividades internas, se tienen diferentes técnicas que contribuyen a reducir en un buen porcentaje el tiempo de preparación:

##### **a) Operaciones en paralelo:**

Las operaciones de cambio de formato se pueden dar tanto delante y/o detrás de la máquina o proceso, si éstas operaciones son realizadas por una sola persona se origina un desperdicio del tiempo transcurrido en el desplazamiento del operario, es por ello que las operaciones que son posibles de realizar en paralelo se deben hacer por 2 o más personas de modo que se pueda acelerar el cambio de formato.

El punto más importante al realizar las operaciones en paralelo es el aviso de culminación de su parte del trabajo por cada operario, las alertas se pueden dar a viva voz en caso de un lugar con poco ruido, una señal de manos predefinida, un silbato, timbre o la activación de una luz que indique a las demás personas involucradas que su operación ha finalizado.

Caber resaltar que para implementar operaciones en paralelo se debe poner mucha atención y evitar esperas innecesarias, ya que podrían resultar en más costo para la operación.

Un ejemplo de esto se da en los cambios de rueda de los autos en las carreras de Fórmula 1, las cuales en 1950 demoraban 1 min y 6 segundos con 6 personas realizando los cambios (Figura N° 2.2) y en el 2013 el tiempo se mejoró a 4 segundos con 21 personas realizando los cambios en paralelo. (Figura N° 2.3).

#### **b) Anclajes funcionales:**

Los anclajes son mecanismos de sujeción que tienen la finalidad de mantener objetos fijos en su sitio, tales como pernos, tuercas, arandelas, bridas, etc.

En el caso hipotético de un perno que posee 13 hilos y se necesita fijar algún objeto, se debe considerar que el objeto no quedará fijado si la tuerca no ha sido girada 13 veces, sin embargo, solo el último giro es el que fija el objeto por lo que se deduce que las primeras 12 vueltas son un despilfarro.

FIGURA N° 2.2 CAMBIO DE RUEDAS EN 1950 - FORMULA 1



Fuente: Automoview.com

FIGURA N° 2.3 CAMBIO DE RUEDAS EN 2013 - FORMULA 1

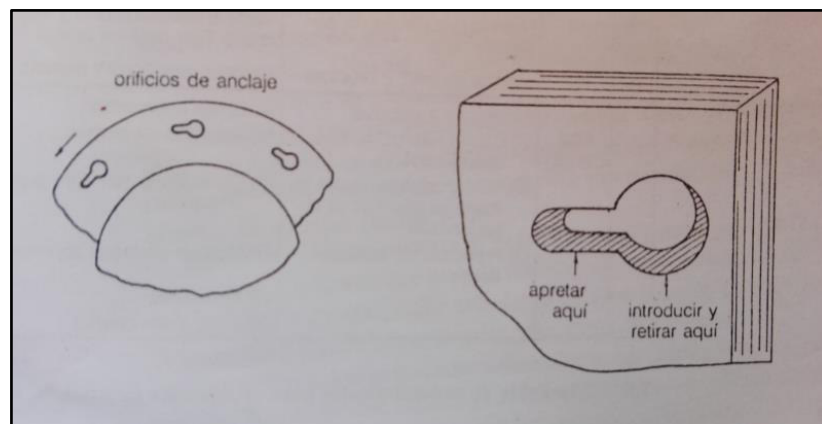


Fuente: Motorsport.com

*“Si la misión de un perno es simplemente la de sujetar o soltar, su longitud debería determinarse de modo que solo se necesite una vuelta. El perno será, en ese caso, un anclaje funcional.”*  
(Shingo S. 1993).

El método de fijaciones de una vuelta, se basa en la fijación a través de orificios en forma de pera, de acuerdo a la figura mostrada, por el ejemplo para el caso de fijar una tapa a una caldera a presión son necesarios 16 pernos los cuales son ajustados uno por uno, esta operación toma un tiempo considerable. Sin embargo al hacer orificios en forma de pera a la tapa no es necesario sacar por completo el perno, bastara de una o dos vueltas para retirar la tapa, y de la misma manera colocarla nuevamente y fijarla con una o dos vueltas para soportar la presión. El método para insertar los pernos se indica en la Figura N°2.4

FIGURA N° 2.4 ORIFICIOS EN FORMA DE PERA



Fuente: Una revolución en la producción: El sistema SMED



También tenemos el método de las arandelas en forma de U, como lo muestra la Figura N° 2.5 una arandela común puede ser remplazada por una en forma de “U” lo cual contribuiría a reducir los tiempos de ajuste de la siguiente manera:

ANTES:

Aflojar y quitar la tuerca (dar 13 vueltas)

-Quitar la arandela

-Retirar el objeto a cambiar y ubicar el siguiente

-Colocar la arandela

-Girar la tuerca (13 vueltas) y tensar

-Empezar la siguiente operación

DESPUÉS:

-Aflojar la tuerca con una vuelta

-Deslizar lateralmente la arandela en U para retirarla

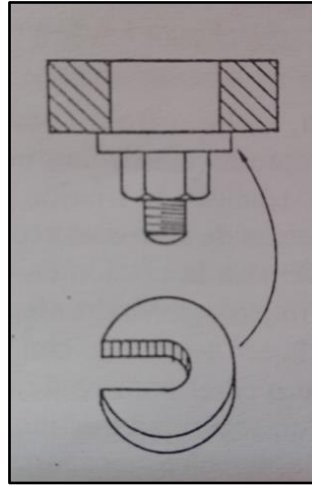
-Retirar el objeto a cambiar y ubicar el siguiente (nótese que el diámetro de la tuerca es menor que la del objeto, por lo que se puede retirar el objeto sin problemas)

-Deslizar o insertar en su posición la arandela en “U”

-Ajustar la tuerca con una sola vuelta.

-Empezar la siguiente operación

FIGURA N° 2.5 ARANDELA EN FORMA DE “U”



Fuente: Una revolución en la producción: El sistema SMED

El método de roscas acanaladas, consiste en mecanizar ranuras a lo largo de las roscas en un perno y se mecanizan ranuras equivalentes en la rosca de la tuerca hembra, de este modo al momento de fijar un objeto simplemente la tuerca se desliza hasta su posición final y luego es ajustada con un solo movimiento. Ver Figura N° 2.6.

FIGURA N° 2.6 ROSCAS ACANALADAS



Fuente: Direcindustry.es

## **CAPITULO III**

### **ANÁLISIS DE LA EMPRESA**

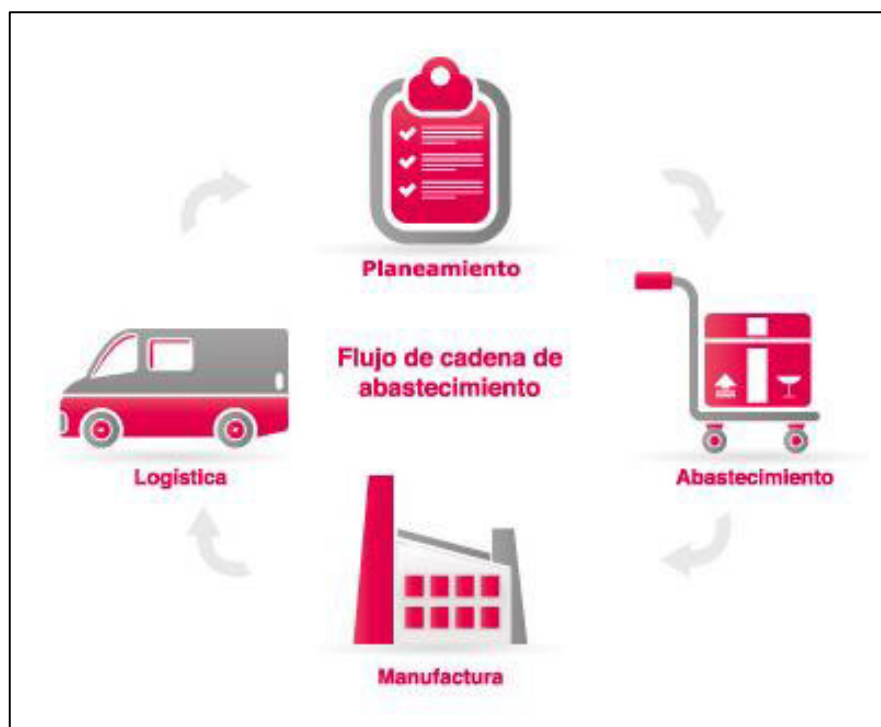
#### **3.1. Descripción de la empresa**

La empresa en la que se realizará el análisis, se dedica a la gestión de la cadena de suministro de sus principales clientes, partiendo desde el Planeamiento de la producción, se continúa con el flujo de Abastecimiento de materiales para luego agregarles valor y convertirlos en productos terminados a través de sus procesos de Manufactura, y finalmente la Logística para entregar los pedidos a los clientes finales. (Figura N° 3.1).

Entre sus clientes principales se encuentran las empresas Belcorp, Unilever, Pluscosmética, Perufarma, Kimberly Clark, Diversey, Bagó, Lain, Sanofi, Beiersdorf, Tottus, Supermercados peruanos, Puig, Ilsa, entre otros.

Dentro de la cadena de suministro se encuentra el proceso de Manufactura, el cual comprende la conversión de materias primas y empaques en productos terminados, sus procesos internos son la fabricación y envasado de productos de higiene y cuidado personal, como por ejemplo cremas hidratantes, jabones líquidos, desodorantes, shampoos, ceras depilatorias, gel para el cabello, gel reductor, ungüentos, brillos labiales, emulsiones, talco pédico, máscaras de pestañas, labiales, polvos compactos, sombras, esmaltes, brillo para uñas, colonias y fragancias .

FIGURA N° 3.1 FLUJO DE LA CADENA DE SUMINISTRO



Fuente: [www.yobelscm.biz](http://www.yobelscm.biz)

### **3.2. Estructura Organizacional**

La unidad de negocio de Manufactura se encuentra encabezada por el Gerente de Manufactura, el cual tiene como soporte al área de Dirección Técnica, encargada de las normativas legales, regulaciones del estado y los permisos necesarios para la operación; también está el área de soporte de Investigación y Desarrollo el cual se encarga de la formulación, diseño y desarrollo de los productos según las especificaciones solicitadas por los clientes.

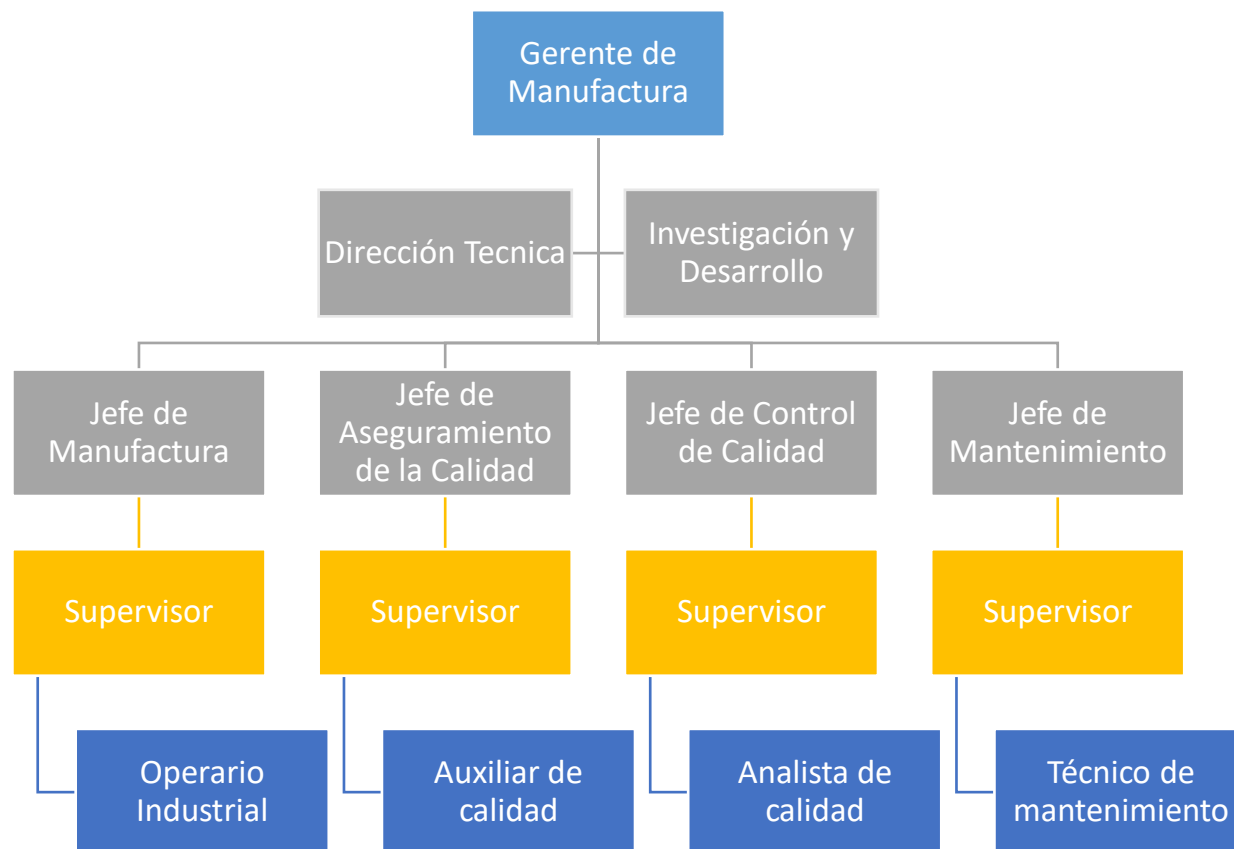
En el segundo nivel se encuentran las jefaturas de manufactura, aseguramiento de la calidad, control de calidad y mantenimiento, los cuales cuentan con supervisores en un tercer nivel y en cuarto nivel los operarios, auxiliares, analistas y técnicos. (Ver Figura N° 3.2).

### **3.3. Estructura de Producción**

Debido a la gran cantidad y variedad de productos a manufacturar, la empresa está dividida en tres principales áreas o plantas de producción, las cuales están diferenciadas debido a la naturaleza de la fabricación del granel o bulk. (Ver Figura N° 3.3).

Así por ejemplo se tiene el área de Cremas y Shampoos, en el cual se encuentran todos los productos que poseen una densidad mayor a 1 g/ml, característica propia de graneles viscosos y con un cierto grado de 'espesor'; también poseen la característica de llevar un control de calidad microbiológico, esto es que el producto terminado entra en una cuarentena de 7 días en los cuales se cultivan muestras para analizar patógenos y microorganismos.

FIGURA N° 3.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

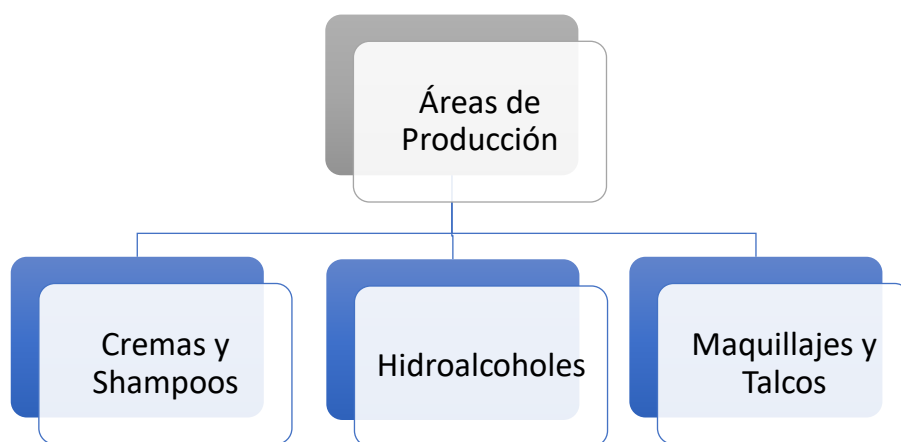


Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

La planta de Hidroalcoholes, se dedica a la manufactura de todo tipo de graneles líquidos con densidades cercanas a 1 g/ml, aquí se encuentran todas las colonias y perfumes de marcas reconocidas, estos poseen la característica de llevar alcohol para perfumería en su composición química, esto hace que no sea necesario para este tipo de productos llevar un control microbiológico.

Y por último tenemos el área de Maquillajes y Talcos, en el cual se elaboran productos de graneles sólidos, en polvo y polvo compactado; ejemplos de esto son los labiales, delineadores de ojos, talcos, rubores y sombras; estos productos también llevan control microbiológico.

FIGURA N° 3.3 AREAS DE PRODUCCIÓN



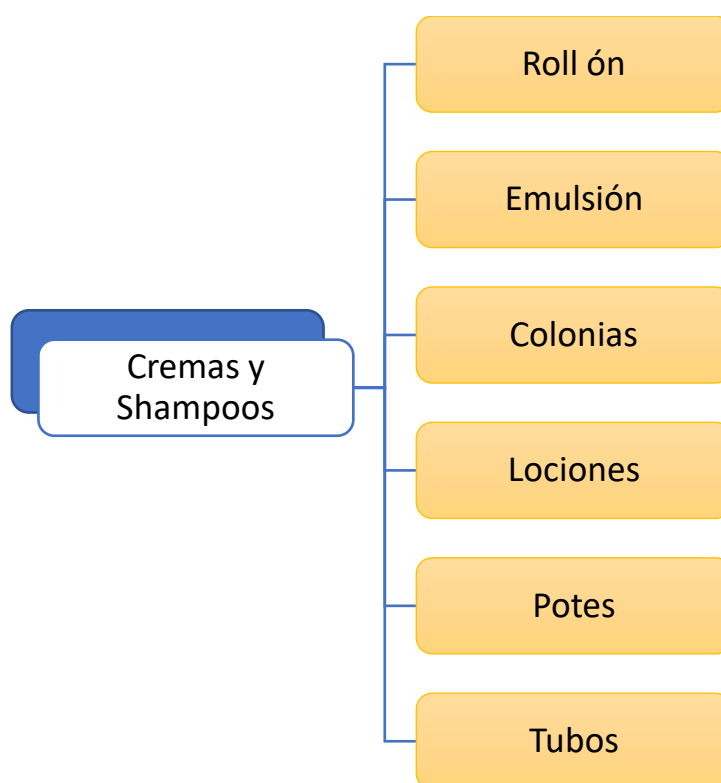
Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Tipologías de Producto en el área Cremas y Shampoos

En el área de Cremas y Shampoo se manufacturan en promedio 170 códigos o SKU's de diferentes productos; los cuales están clasificados en 6 tipologías agrupadas de acuerdo al método o complejidad del envasado, la cantidad de mano de obra necesaria, las maquinarias utilizadas en el proceso y la similitud de los materiales de empaque utilizados. (Ver Figura N° 3.4).

A Continuación se detalla cada una de estas tipologías.

FIGURA N° 3.4 TIPOLOGÍAS EN EL ÁREA DE CREMAS Y SHAMPOOS



Fuente: Elaboración propia



### 3.4.1. Roll ón

En esta tipología se encuentran los desodorantes en presentación de rollón, los cuales tienen la característica de tener 50 ml de capacidad, el envasado se realiza de manera automática en una máquina o ruleta giratoria de envasado, también se diferencia por su sistema de tapado con bolilla más tapa rosca y su etiquetado es semi-automático y de forma envolvente en el frasco del producto. En la Figura N° 3.5 se pueden apreciar ejemplos de los productos terminados.

FIGURA N° 3.5 TIPOLOGÍA ROLL ON



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Emulsión

En esta tipología se encuentran productos como shampoos y acondicionadores para cabello (Ver Figura N° 3.6). Se caracterizan por su capacidad desde 210 ml hasta 1 Litro, el envasado se realiza de manera semi-automática, el etiquetado es netamente manual y las tapas pueden variar de tipo flip-top o tapa rosca.

FIGURA N° 3.6 TIPOLOGÍA EMULSION



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.3. Colonias

La tipología de Colonias contempla los productos que contienen alcohol en su fórmula y tienen la densidad de bulk o granel más baja que todos los productos, la capacidad es de 120 ml a 200 ml, el envasado es automático, la tapa utilizada es de tipo rosca y el etiquetado puede ser manual o semi-automático; ejemplos de esta tipología lo podemos ver en la Figura N°3.7.

FIGURA N° 3.7 TIPOLOGÍA COLONIAS



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.4. Lociones

Esta tipología comprende productos como cremas corporales, cremas para peinar, lociones corporales, lociones perfumadas, entre otros. (Ver Figura N° 3.8). La capacidad para las lociones es de 150 ml hasta 1 Litro, el envasado es semi-automático, el etiquetado es manual y las tapas pueden ser flip-top o tipo rosca.

FIGURA N° 3.8 TIPOLOGÍA LOCIONES



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.5. Potes

La tipología de pots se caracteriza por poseer un bulk o granel de alta densidad, la capacidad de los productos es de 150 g a 240 g y el envasado es semi-automático, también cabe resaltar que las tapas utilizadas son de rosca y en lugar de una etiqueta se coloca un termoencogible con impresión. En la Figura N°3.9 se pueden apreciar los productos de esta tipología.

FIGURA N° 3.9 TIPOLOGÍA POTES



Fuente: Elaboración propia

### 3.4.6. Tubos

En esta tipología están comprendidos las cremas corporales, humectantes, brillos labiales, jabones líquidos, gel para cabello, entre otros cuya presentación varíe entre 110 ml o 150 ml de capacidad y su envase contenedor sea un tubo de PVC tapado por un extremo y sellado en el otro. Ver Figura N° 3.10.

También se destaca que el envasado es semi-automático y no lleva etiquetas sobre el envase pues el tubo lleva serigrafiado, adicionalmente se le coloca un termoencogible a manera de sello de seguridad.

FIGURA N° 3.10 TIPOLOGÍA TUBOS



Fuente: Elaboración propia

Las características que diferencian a cada tipología hacen que sea necesario manufacturar los productos en líneas de envasado separadas e independientes, equipadas con las condiciones que se requiera en cada caso. En el Cuadro N° 3.1 se puede apreciar el resumen de las similitudes y diferencias de cada tipología, se ha adicionado el número de operarios promedio que se necesita para cada operación.

CUADRO N° 3.1 CARACTERISTICAS DE LAS TIPOLOGÍAS

Tipología	Capacidad	Característica del bulk	Sistema de envasado	Sistema de tapado	Sistema de etiquetado	Otros materiales	Cantidad de operarios
<b>ROLL ON</b>	50 ml	Baja densidad	Automático	Bolilla / tapa rosca	Semi-automatico envolvente	-	7
<b>EMULSION</b>	210ml - 1L	Densidad media	Semi-automatico	Tapa flip-top / tapa rosca	Manual en la parte frontal	-	6
<b>COLONIAS</b>	120 ml - 200 ml	Muy baja densidad / contiene Alcohol	Automático	Tapa rosca	Semi-automatico envolvente / Manual en la parte frontal	-	5
<b>LOCIONES</b>	150 ml - 1L	Baja densidad	Semi-automatico	Tapa flip-top / tapa rosca	Manual en la parte frontal	-	7
<b>POTES</b>	150g - 240g	Alta densidad	Semi-automatico	Tapa rosca	no lleva	Termoencogible	6
<b>TUBOS</b>	110ml - 150ml	Densidad media	Semi-automatico	Sellado de tubo	no lleva	Termoencogible	4

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

### **3.5. Oportunidades de mejora en el área**

En el área de Cremas y Shampoos se realizan capacitaciones constantes de Lean Manufacturing a supervisores y jefes con la finalidad de aplicar los conocimientos en beneficio de la compañía y el aprendizaje constante de sus colaboradores. Como resultado de esto se realizan propuestas de mejora que den solución a los distintos problemas identificados en el proceso; a continuación describiremos los problemas más comunes y con alto potencial de solución con la ayuda de las herramientas Lean.

#### **3.5.1. Paradas de Línea**

Las paradas en las líneas de producción varían en tiempo dependiendo de la tipología del producto, así por ejemplo tenemos en la línea de rollón un promedio de parada diaria de 40 minutos por cambio de formato, esto hace un total de 16.67 horas al mes.

En las líneas de emulsión, colonias, lociones, potes y tubos las paradas de línea por cambio de formato son en promedio 30, 20, 15, 10 y 5 minutos al día respectivamente.

Asimismo, en todas las líneas los operarios cuentan con un tiempo para realizar ejercicios ergonómicos o pausas activas por 10 minutos a mitad de su jornada laboral, también debemos considerar el tiempo de 45 minutos diarios de parada de línea para el refrigerio de los colaboradores.

Los tiempos mencionados se resumen en el Cuadro N° 3.2, en el cual podemos observar el comparativo entre todas las tipologías de



productos, destacando el alto porcentaje de horas paradas en la línea de rollón.

CUADRO N° 3.2 TIEMPO DE PARADAS DE LINEA

Tiempo de paradas de línea por mes (horas promedio)					
Tipología	Cambio de formato	Ejercicios ergonómicos	Refrigerio	TOTAL	%
ROLL ON	16,67	4,17	18,75	39,59	21%
EMULSION	12,50	4,17	18,75	35,42	19%
COLONIAS	8,33	4,17	18,75	31,25	17%
LOCIONES	6,25	4,17	18,75	29,17	16%
POTES	4,17	4,17	18,75	27,09	14%
TUBOS	2,08	4,17	18,75	25,00	13%
				<b>187,52</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

### 3.5.2. Horas-hombre desperdiciadas

Si bien el tiempo de las paradas de línea nos da una luz de cuál es la línea o tipología por la cual se debería a empezar a optimizar los procesos; un dato más exacto lo podemos obtener al calcular la cantidad de horas hombre desperdiciadas, pues en cada línea o tipología se utilizan diferente cantidad de operarios, lo cual puede hacer varias los porcentajes finales y obtener diferentes resultados.

Para ejemplificar lo dicho anteriormente, supongamos que tenemos de dato que una línea A tiene paradas por 100 horas al mes, y una línea B tiene paradas por 80 horas al mes, a simple vista podríamos decir que debemos optimizar primero los procesos en la línea A que es la que más tiempo muerto tiene al mes. Sin embargo si consideramos el dato que

en la línea A trabajan 5 operarios y en la línea B trabajan 8 operarios, al multiplicar tendríamos que en la línea A se desperdician 500 Horas hombre al mes mientras que la línea B se desperdician 640 Horas hombre al mes; con lo cual concluiríamos que se debe apuntar a mejorar los procesos primero en la línea B que es la más crítica.

Para el área de Cremas y shampoos se ha calculado las horas hombre desperdiciadas por cada tipología en el Cuadro N° 3.3, en el que podemos notar que la tipología de Rollón se mantiene en el primer lugar con una cuarta parte del total de horas hombre desperdiciadas.

CUADRO N° 3.3 HORAS HOMBRE DESPERDICIADAS

Tipología	Total de horas de parada al mes	# Personas paradas	H-H desperdiciadas	%
ROLL ON	39,59	7,00	277,11	25%
EMULSION	35,42	6,00	212,52	19%
COLONIAS	31,25	5,00	156,27	14%
LOCIONES	29,17	7,00	204,19	18%
POTES	27,09	6,00	162,52	15%
TUBOS	25,00	4,00	100,01	9%
			<b>1112,62</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

### **3.6. Caso de estudio**

Debido al alto potencial de reducir las horas hombre desperdiciadas, la propuesta del presente estudio se enfocará en la tipología Rollón o línea de envasado de desodorantes en rollón, pues como también se planteó en la formulación del problema del primer capítulo, esta tipología de producto representa el 27.2% de la producción total del área y tiene una productividad de 3,600 unidades por hora.

Para la producción de rollones se enumerará a continuación los recursos necesarios haciendo uso de las 4 M's:

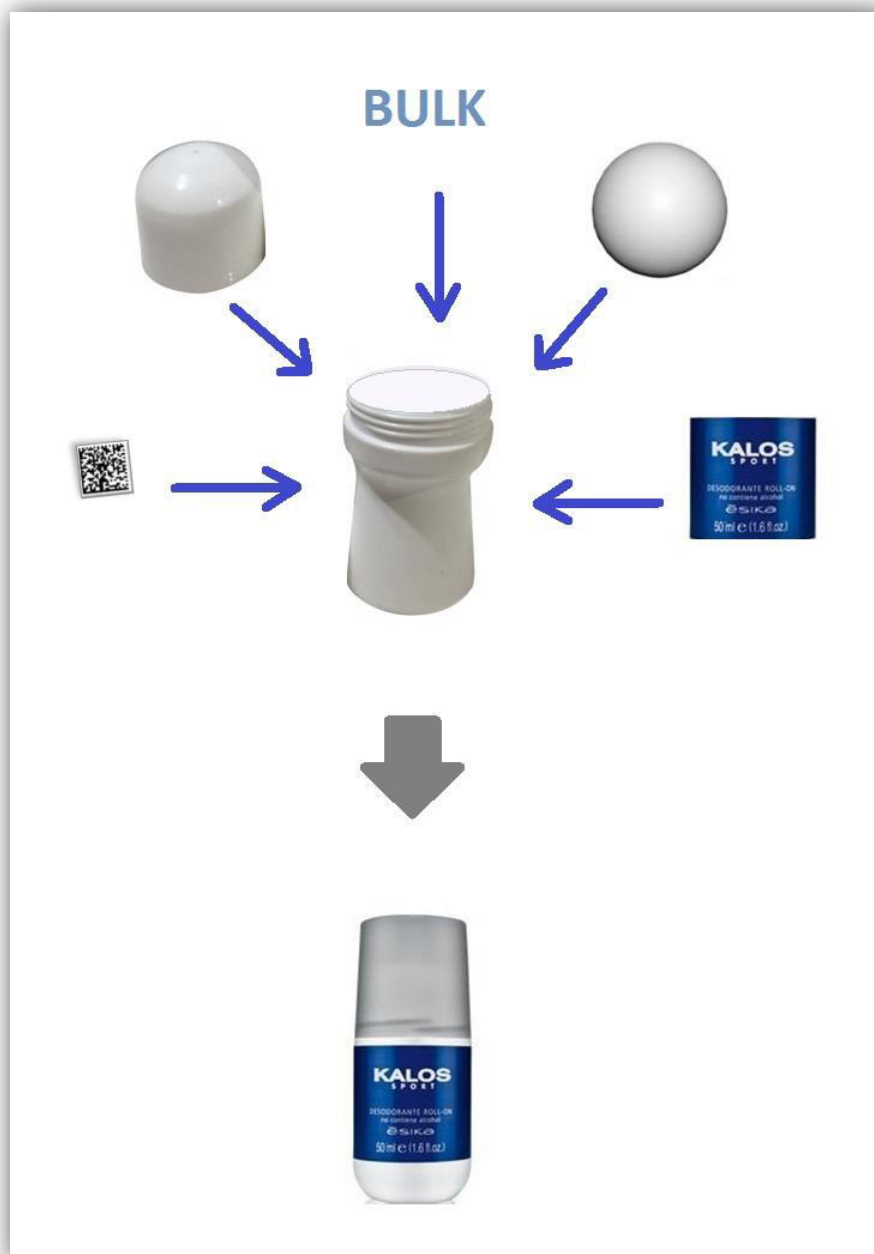
#### **3.6.1. Materiales:**

Se enumera la lista de componentes necesarios para la producción de rollón (Ver Figura N° 3.11), cabe resaltar que las diferentes presentaciones de rollón solo difieren en el arte de la etiqueta de cuerpo y en el color de la tapa gris para desodorantes masculinos y color blanco para desodorantes femeninos:

- Frascos de 50 mL
- Bolillas de roll on
- Tapas con rosca
- Etiquetas de cuerpo
- Etiquetas bidimensionales
- Bulk fabricado y almacenado en tanques de acero inoxidable

Tener en cuenta que el bulk o contenido del producto es fabricado en un proceso previo y almacenado en tanques para su utilización posterior.

FIGURA N° 3.11 COMPONENTES DEL ROLLÓN



Fuente: Elaboración propia

### **3.6.2. Mano de Obra:**

Aquí se menciona al personal considerado como mano de obra directa, sin embargo, también en el área existen otras personas que intervienen indirectamente en la producción, como por ejemplo los supervisores de línea y mantenimiento, digitadores, inspectores de control de calidad y los encargados de línea que son los que realizan el llenado de documentos de cada producción, así como organizar la rotación de personal y coordinar directamente con los supervisores para la toma de decisiones.

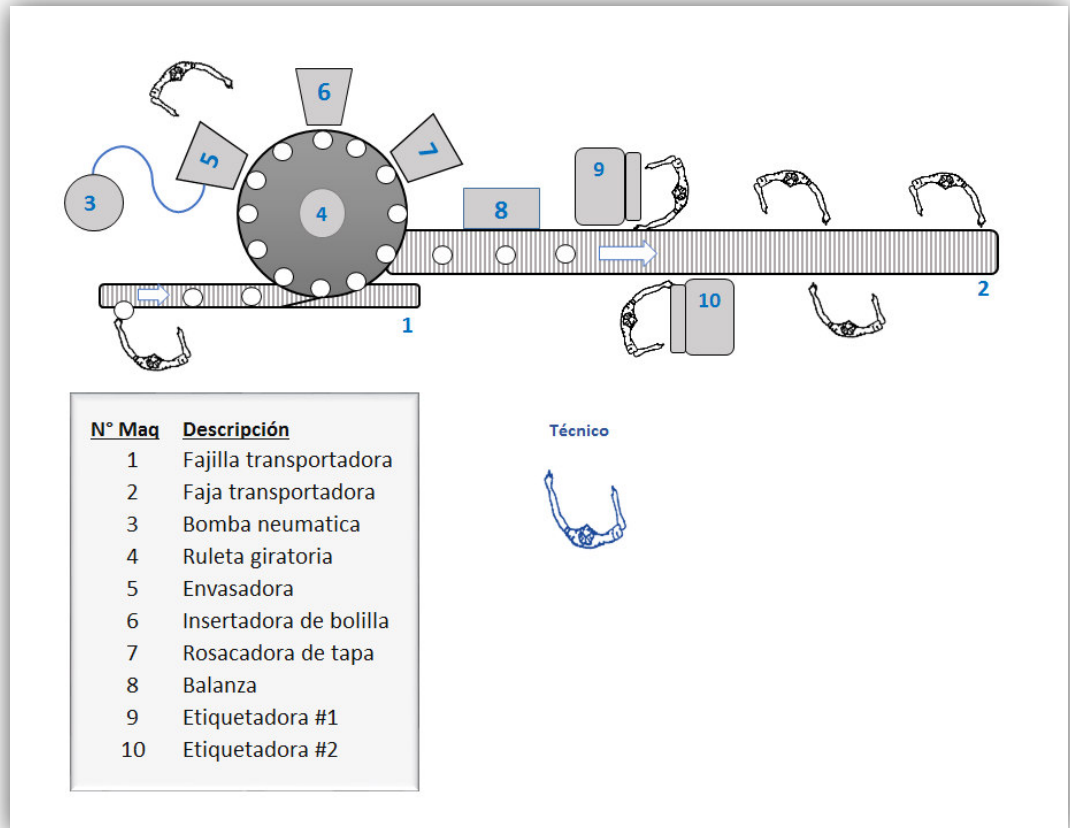
- 1 técnico de mantenimiento de línea
- 1 abastecedor de línea
- 6 operarios de línea

### **3.6.3. Máquinas:**

- 2 fajas transportadoras,
- 1 bomba neumática,
- 1 ruleta giratoria,
- 1 máquina neumática de envasado,
- 1 maquina neumática insertadora de bolillas,
- 1 máquina neumática roscadora de tapas,
- 1 balanza,
- 2 máquinas semiautomáticas de etiquetado

La ubicación del personal operativo, así como de las maquinas que intervienen en el proceso productivo se pueden apreciar en la Figura N°3.12.

FIGURA N° 3.12 LÍNEA DE ENVASADO ROLLÓN



Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.4. Método:

La metodología para el envasado de rollón se detalla con un DOP en el Cuadro N° 3.4 así también se muestran fotos de cada operación como parte del envasado. El parámetro de productividad para la línea de envasado de Roll-on es de **3,600 unidades por hora**, esto sin contar las

paradas de línea para cambios de formato, ejercicios ergonómicos y refrigerio.

Además, los tamaños de lote por producto son de 8,800 unidades, por lo que en un turno se realiza el envasado hasta de 3 órdenes de rollón con diferente presentación, es decir se hacen **2 cambios de formato por turno**. (Cuadro N° 3.5).

CUADRO N° 3.4 DOP DE ENVASADO DE ROLLÓN

SEC.	OPERACIÓN	# OP	DESCRIPCIÓN
1	Colocar frascos	1	Coge el frasco vacío y lo coloca en la fajilla que alimenta la ruleta envasadora
2	Envasado	0	La ruleta hace pasar el frasco primero por la estación de llenado de bulk, en la cual posee un sensor que al detectar el frasco dosifica según la cantidad en las especificaciones del producto
3	Colocar bolilla	0	En la siguiente estación se detecta el frasco por un sensor y se deja caer una bolilla, la cual es insertada por presión mediante una taponera neumática
4	Colocar Tapa	0	En la tercera estación es detectado el frasco por un sensor y se deja caer una tapa, la cual es enroscada por un dispositivo de acuerdo a un torque establecido
5	Etiquetar cuerpo	2	Coge el frasco tapado y lo coloca en la maquina etiquetadora, luego de finalizar la operación lo coloca nuevamente en la faja transportadora
6	Colocar etiqueta bidimensional	2	Coge el frasco y coloca la etiqueta bidimensional en la parte posterior del frasco
7	Embalar	1	Coloca los productos terminados en la caja de embalaje, 32 unidades por caja; envía la caja hacia el área de logística

Fuente: Elaboración propia

### CUADRO N° 3.5 PROGRAMA DE ENVASADO

#### PROGRAMA DE ENVASADO

FECHA: 2017 / 01 / 12

#### LINEA D : ROLL ON

SEC.	HORA INIC.	HORA FIN	# ORDEN YOBEL	CODIGO	DESCRIPCIÓN	UM	CANTIDAD	# ORDEN CLIENTE	# PERSONAS
1	6:45	9:11	1669493	200060840	ES IMÁGENES DES ROLL ON 50 ML	UN	8800	6387504	7
2	9:31	12:00	1669574	200043495	MOMENTOS DES ROLL ON 50 ML	UN	8800	6387594	7
3	12:50	15:30	1669578	200043497	FIORI DESODORANTE ROLL ON 50ML	UN	8800	6387132	7

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

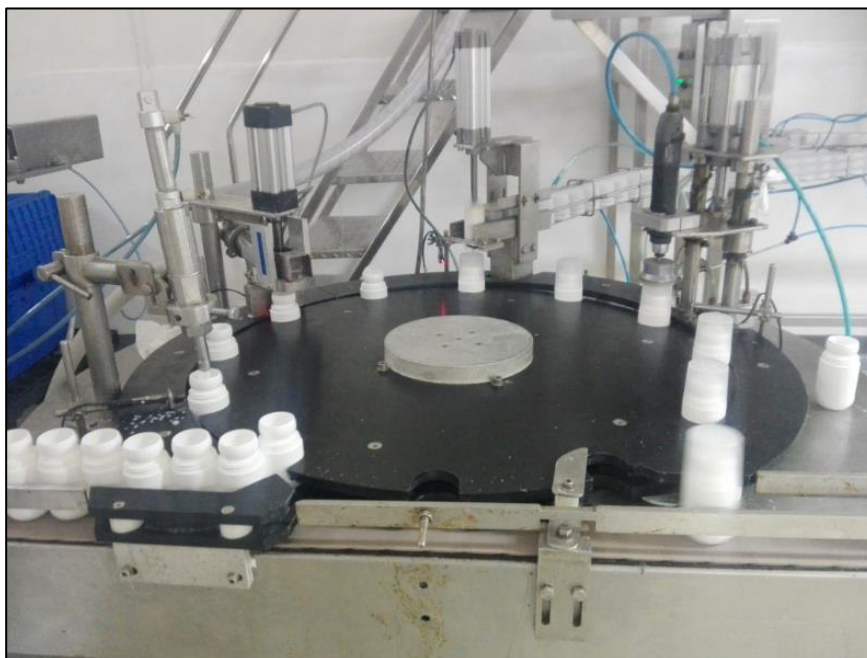


FIGURA N° 3.13 OPERACIÓN 1- COLOCADO DE FRASCOS



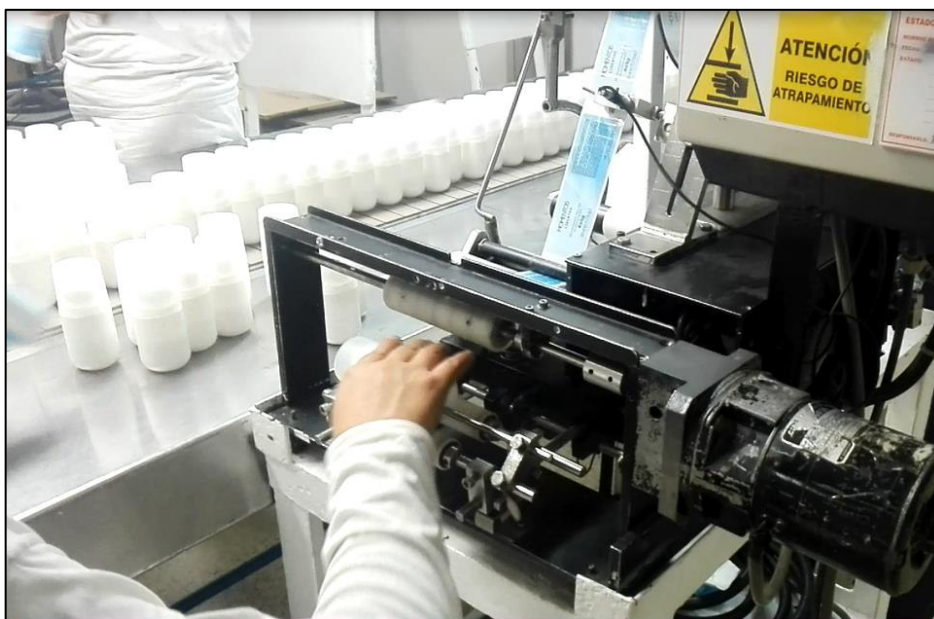
Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 3.14 OPERACIÓN 2, 3, 4 –ENVASADO, BOLILLA Y TAPADO



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 3.15 OPERACIÓN 5 –ETIQUETADO DE CUERPO



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 3.16 OPERACIÓN 6 - ETIQUETADO BIDIMENSIONAL



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 3.17 OPERACIÓN 7 – EMBALADO



Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO IV**

### **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SMED**

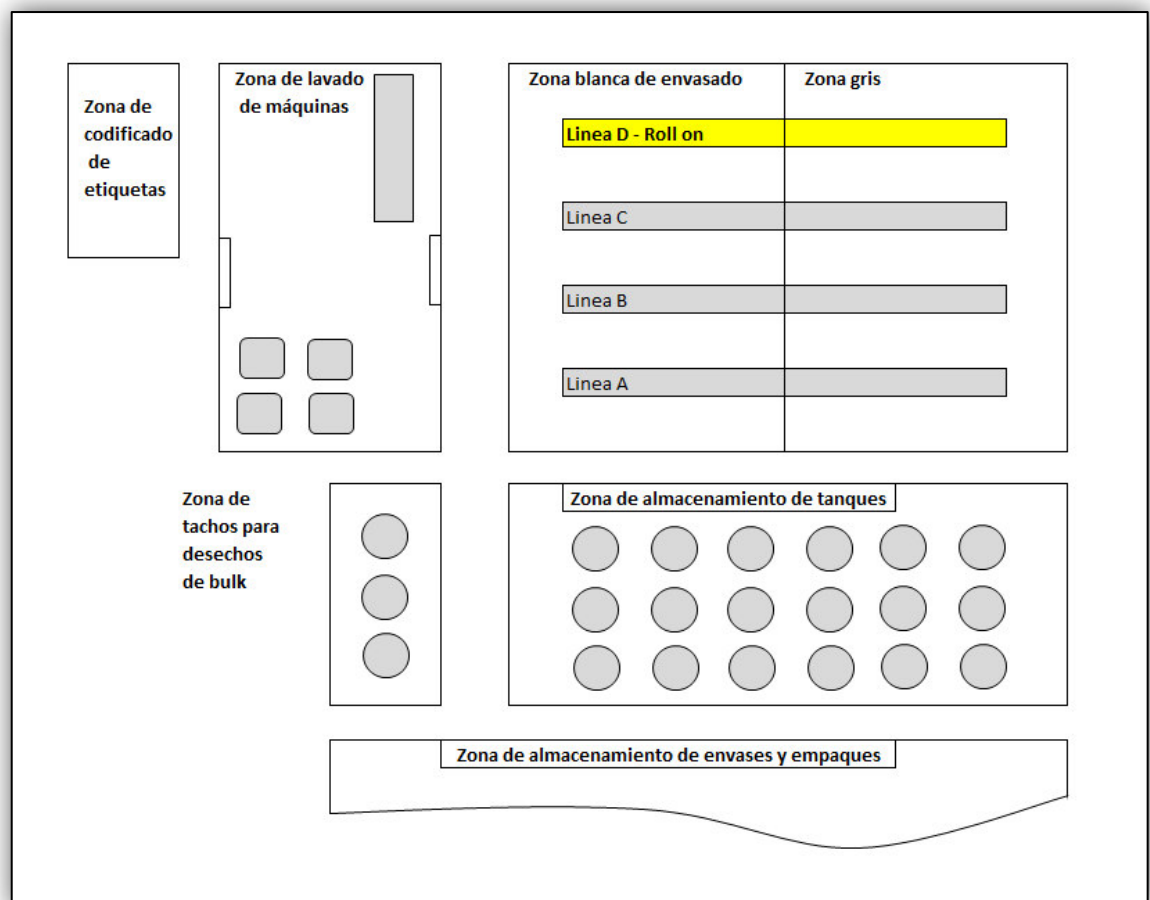
#### **4.1. Etapa Preliminar: Estudio de la operación o sistema de producción**

##### **4.1.1. Layout de planta**

En primer lugar, se realizó un layout de la distribución de áreas en la planta, ya que se identificó que las actividades realizadas están relacionadas con los traslados a 6 zonas principales: (Ver figura N° 4.1).

- Zona de codificado de etiquetas
- Zona de lavado de máquinas
- Zona de tachos para desechos de bulk
- Zona blanca o de envasado y zona gris que es parte de la misma línea, pero se encuentra dividida luego de que el producto ya está tapado.
- Zona de almacenamiento de tanques
- Zona de almacenamiento de envases y empaques

FIGURA N° 4.1 LAYOUT DE PLANTA



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Secuencia de actividades

Luego de identificar el lugar, se hizo el estudio de observación minucioso del cambio de formato en la línea de envasado de rollón, a continuación se detalla las actividades que se realizan previamente al envasado de un producto concernientes con la impresión de lote en las etiquetas de cuerpo y etiquetas bidimensionales (Cuadro N° 4.1), luego las actividades que son realizadas por el técnico una vez que la línea para es decir cuando comienza el cambio de formato (Cuadro N° 4.2) y por ultimo las actividades del abastecedor de línea, quien es responsable de habilitar los materiales de empaque y envases para la producción (Cuadro N° 4.3).

CUADRO N° 4.1 ACTIVIDADES DEL TÉCNICO DE CODIFICADO

Secuencia	Actividades – Técnico de codificado	Tiempo
1	En una máquina codificadora se imprime el lote en las etiquetas de cuerpo (zona de codificado)	00:37:09
2	Impresión de etiquetas bidimensionales para la trazabilidad del producto (zona de codificado)	00:12:36

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 4.2 ACTIVIDADES DEL TÉCNICO DE LINEA

Secuencia	Actividades - Técnico de línea	Tiempo
1	En la zona de lavado de máquinas prepara una mezcla en un balde de 10 L, que consiste en llenar agua des ionizada a la mitad y alcohol al 70% hasta completar el balde y lo lleva a la zona de envasado	00:00:44
2	Desconecta la manguera #1 del tanque vacío y coloca el extremo en el balde de mezcla de alcohol con agua	00:00:48

3	Desconecta el codo del tanque y lo lleva a la zona de lavado de máquinas	00:00:37
4	Coloca una bolsa plástica en el pico de la maquina envasadora, para que se deposite el alcohol de lavado	00:00:20
5	<b>1era Purga:</b> Activa mediante el sensor la maquina envasadora y circula la mezcla de alcohol con agua, con la finalidad de limpiar el excedente de bulk del producto anterior	00:01:39
6	Trae alcohol al 70% en una jarra de metal, aproximada mente 5 L	00:00:33
7	Vuelve a circular la mezcla de alcohol con agua	00:00:14
8	Lava el extremo de la manguera con la mezcla y cambia de recipiente por la jarra de alcohol al 70%	00:00:23
9	<b>2da Purga:</b> Hace recircular por la manguera y la máquina el alcohol al 70%	00:00:53
10	Traslada el tanque vacío de la zona de envasado hacia la zona de almacenamiento de bulk	00:00:51
11	Se traslada hacia la línea para consultar con el encargado, cuál es el siguiente producto programado para envasar	00:00:27
12	Trae el siguiente tanque con el nuevo producto a envasar hacia la zona blanca de envasado.	00:00:43
13	Busca un codo limpio en la zona de lavado de máquinas para acoplar al tanque con el siguiente producto y lo lleva a la zona blanca de envasado	00:00:32
14	Coloca el codo de metal limpio en el conector del tanque nuevo	00:00:26
15	Mediante una abrazadera, conecta la manguera de la envasadora al codo de metal que ya está conectado al tanque	00:01:04
16	<b>3ra purga:</b> Hace recircular por las mangueras y la máquina el bulk del producto nuevo	00:01:14
17	Retira la bolsa con los desechos de la purga y los vierte en recipiente ubicado en la zona de tachos para desechos de bulk	00:00:37
18	Limpia los restos de suciedad en la maquina envasadora	00:00:50

19	Verifica que estén habilitados los materiales para el envasado (frascos, tapas y bolillas)	00:00:15
20	Prueba el peso de las primeras unidades, se ajusta la carrera del pistón en caso fuera necesario	00:00:17
21	Se envasan unidades de prueba, de ser necesario se realizan ajustes adicionales	00:00:18
22	Se traslada hacia la zona gris o final de la línea	00:00:46
23	Verifica las bobinas de etiquetas las cuales deben estar codificadas con el lote previamente	00:00:14
24	Retira el tucó de la bobina de etiquetas del producto anterior e instala la nueva bobina en la Máquina etiquetadora #1, realiza los ajustes necesarios de centrado.	00:02:23
25	Verifica el correcto funcionamiento de la máquina	00:00:26
26	Se traslada hacia la Máquina etiquetadora #2	00:00:11
27	Retira el tucó de la bobina de etiquetas del producto anterior e instala la nueva bobina en la Máquina etiquetadora #2, realiza los ajustes necesarios de centrado.	00:02:47
28	Verifica el correcto funcionamiento de la máquina	00:00:14
<b>Tiempo total</b>		<b>00:20:46</b>

Fuente: Elaboración propia

#### CUADRO N° 4.3 ACTIVIDADES DEL ABASTECEDOR DE LÍNEA

Secuencia	Actividades- Abastecedor	Tiempo
1	Retira los componentes sobrantes (frascos, bolillas y tapas) de la línea y los coloca sobre un pallet	00:01:11
2	Traslada los sobrantes de los materiales hacia el almacén	00:00:47
3	Traslada los materiales de la siguiente producción a la línea de envasado	00:00:36
4	Llena los frascos dentro de la tolva #1 hasta su límite de capacidad	00:00:26



5	Sube las escaleras con las bolillas y las llena dentro de la tolva #2	00:00:31
6	De la misma manera sube hacia la tolva #3 y llena las tapas de la producción que está por iniciar	00:00:27
7	Se traslada hacia la zona de codificado de etiquetas	00:00:20
8	Lleva las etiquetas de cuerpo y bidimensional hacia la zona de gris de la línea de envasado	00:00:38
<b>Tiempo total</b>		<b>00:04:56</b>

Fuente: Elaboración propia

Se debe tener en cuenta que las actividades realizadas por el técnico de línea y el abastecedor se realizan en paralelo y de acuerdo al levantamiento de la información, solo son ejecutadas una vez que la línea ha parado y debe realizarse el cambio, por el contrario, las actividades que realiza el técnico de codificado se realizan con horas de anticipación al cambio.

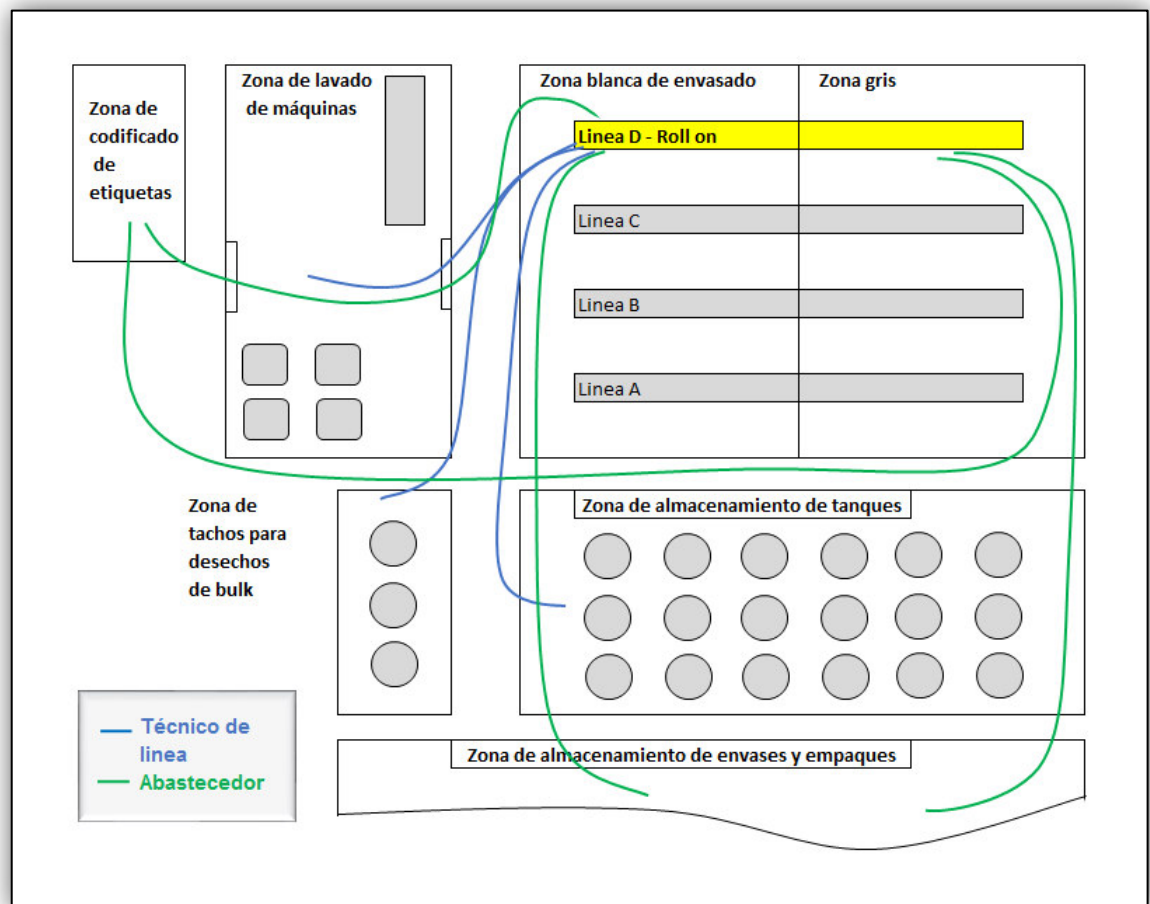
#### 4.1.3. Diagrama Spaguetti

En la siguiente Figura N° 4.2 se puede apreciar de manera gráfica los traslados realizados por el técnico de línea y el abastecedor para ejecutar el cambio de formato a la línea.

Como se puede apreciar de las líneas en color azul, el técnico realiza traslados de la línea hacia la zona de lavado de máquinas, zona de tachos para residuos de bulk y la zona de almacenamiento de tanques con bulk.

Por su parte el abastecedor, con las líneas identificadas de color verde, realiza traslados de la línea hacia la zona de codificado de etiquetas y hacia la zona de almacenamiento de envases y empaques utilizando diferentes rutas para la ida y vuelta.

FIGURA N° 4.2 DIAGRAMA SPAGUETTI



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. Etapa 1: Separar las actividades internas y externas

Se separaron las actividades haciendo uso de un Check List y el análisis de cada una de acuerdo a las definiciones de actividades internas y externas, en los siguiente cuadro se indica la clasificación de acuerdo a como se están ejecutando antes de aplicar cualquier cambio.

CUADRO N° 4.4 CLASIFICACIÓN DE ACTIV. DEL TÉCNICO DE  
CODIFICADO

Secuencia	Actividades – Técnico de codificado	O. Int	O. Ext
1	En una maquina codificadora se imprime el lote en las etiquetas de cuerpo		X
2	Impresión de etiquetas bidimensionales para la trazabilidad del producto		X

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 4.5 CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DEL TÉCNICO DE  
LINEA

Secuencia	Actividades- Técnico de línea	O. Int	O. Ext
1	En la zona de lavado de máquinas prepara una mezcla en un balde de 10 L, que consiste en llenar agua des ionizada a la mitad y alcohol al 70% hasta completar el balde y lo lleva a la zona de envasado	X	
2	Desconecta la manguera #1 del tanque vacío y coloca el extremo en el balde de mezcla de alcohol con agua	X	
3	Desconecta el codo del tanque y lo lleva a la zona de lavado de máquinas	X	
4	Coloca una bolsa plástica en el pico de la maquina envasadora, para que se deposite el alcohol de lavado	X	

5	<b>1era Purga:</b> Activa mediante el sensor la maquina envasadora y circula la mezcla de alcohol con agua, con la finalidad de limpiar el excedente de bulk del producto anterior	X	
6	Trae alcohol al 70% en una jarra de metal, aproximada mente 5 L	X	
7	Vuelve a circular la mezcla de alcohol con agua	X	
8	Lava el extremo de la manguera con la mezcla y cambia de recipiente por la jarra de alcohol al 70%	X	
9	<b>2da Purga:</b> Hace recircular por la manguera y la máquina el alcohol al 70%	X	
10	Traslada el tanque vacío de la zona de envasado hacia la zona de almacenamiento de bulk	X	
11	Se traslada hacia la línea para consultar con el encargado, cuál es el siguiente producto programado para envasar	X	
12	Trae el siguiente tanque con el nuevo producto a envasar hacia la zona blanca de envasado.	X	
13	Busca un codo limpio en la zona de lavado de máquinas para acoplar al tanque con el siguiente producto y lo lleva a la zona blanca de envasado	X	
14	Coloca el codo de metal limpio en el conector del tanque nuevo	X	
15	Mediante una abrazadera, conecta la manguera de la envasadora al codo de metal que ya está conectado al tanque	X	
16	<b>3ra purga:</b> Hace recircular por las mangueras y la máquina el bulk del producto nuevo	X	
17	Retira la bolsa con los desechos de la purga y los vierte en recipiente ubicado en la zona de tachos para desechos de bulk	X	
18	Limpia los restos de suciedad en la maquina envasadora	X	
19	Verifica que estén habilitados los materiales para el envasado (frascos, tapas y bolillas)	X	
20	Prueba el peso de las primeras unidades, se ajusta la carrera del pistón en caso fuera necesario	X	

21	Se envasan unidades de prueba, de ser necesario se realizan ajustes adicionales	X	
22	Se traslada hacia la zona gris o final de la línea	X	
23	Verifica las bobinas de etiquetas las cuales deben estar codificadas con el lote previamente	X	
24	Retira el tuco de la bobina de etiquetas del producto anterior e instala la nueva bobina en la Maquina etiquetadora #1, realiza los ajustes necesarios de centrado.	X	
25	Verifica el correcto funcionamiento de la maquina	X	
26	Se traslada hacia la Maquina etiquetadora #2	X	
27	Retira el tuco de la bobina de etiquetas del producto anterior e instala la nueva bobina en la Maquina etiquetadora #2, realiza los ajustes necesarios de centrado.	X	
28	Verifica el correcto funcionamiento de la máquina	X	

Fuente: Elaboración propia

#### CUADRO N° 4.6 CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DEL ABASTECEDOR

Secuencia	Actividades - Abastecedor	O. Int	O. Ext
1	Retira los componentes sobrantes (frascos, bolillas y tapas) de la línea y los coloca sobre un pallet	X	
2	Traslada los sobrantes de los materiales hacia el almacén	X	
3	Traslada los materiales de la siguiente producción a la línea de envasado	X	
4	Llena los frascos dentro de la tolva #1 hasta su límite de capacidad	X	
5	Sube las escaleras con las bolillas y las llena dentro de la tolva #2	X	
6	De la misma manera sube hacia la tolva #3 y llena las tapas de la producción que está por iniciar	X	
7	Se traslada hacia la zona de codificado de etiquetas	X	

8	Lleva las etiquetas de cuerpo y bidimensional hacia la zona de gris de la línea de envasado	X	
---	---	---	--

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3. Etapa 2: Convertir las actividades internas en externas

El análisis de las actividades, así como la entrevista a los técnicos y abastecedores nos dieron como resultado la selección de las actividades con potencial a convertir en externas, en las cuales se aplicará las técnicas vistas en la parte teórica.

En primer lugar, se analizan las actividades a convertir del técnico de línea (Cuadro N° 4.7) y posteriormente se detallan las actividades a convertir del abastecedor (Cuadro N° 4.8).

CUADRO N° 4.7 ACTIVIDADES A CONVERTIR DEL TÉCNICO

Secuencia	Actividades - Técnico de línea	Comentario
1	En la zona de lavado de máquinas prepara una mezcla en un balde de 10 L, que consiste en llenar agua des ionizada a la mitad y alcohol al 70% hasta completar el balde y lo lleva a la zona de envasado	convertir
6	Trae alcohol al 70% en una jarra de metal, aproximada mente 5 L	convertir
11	Se traslada hacia la línea para consultar con el encargado, cuál es el siguiente producto programado para envasar	convertir
13	Busca un codo limpio en la zona de lavado de máquinas para acoplar al tanque con el siguiente producto y lo lleva a la zona blanca de envasado	convertir
23	Verifica las bobinas de etiquetas las cuales deben estar codificadas con el lote previamente	convertir

24	Retira el tuco de la bobina de etiquetas del producto anterior e instala la nueva bobina en la Maquina etiquetadora #1, realiza los ajustes necesarios de centrado.	convertir
27	Retira el tuco de la bobina de etiquetas del producto anterior e instala la nueva bobina en la Maquina etiquetadora #2, realiza los ajustes necesarios de centrado.	convertir

Fuente: Elaboración propia

Para las actividades del técnico de línea, se pueden convertir a externas aplicando las técnicas descritas en la teoría:

- La actividad N°1 se puede realizar antes del cambio de línea. En el transcurso del envasado del producto anterior se puede preparar la mezcla y dejarla al costado de la envasadora minutos antes del cambio.
- De igual forma la actividad N°6, se llena la jarra con 5L de alcohol al 70% y se deja junto a la máquina envasadora minutos antes del cambio.
- La actividad N°11 se puede convertir implementando una herramienta de control visual, que ayude al técnico a estar informado sobre los datos del siguiente producto, esto puede ser simplemente una mica en la que se coloque a diario el programa de producción con todos los datos necesarios, como numero de orden, descripción del producto y hora programada. (Ver Cuadro N° 3.2)
- La actividad N°13 se convierte en externa alistando y ubicando previamente un codo de acero inoxidable que sirve como conector entre el tanque y la manguera de la máquina de envasado.

- La actividad N°23 es una actividad de verificación de lote, la cual se puede realizar mucho antes del cambio de formato ya que las etiquetas se encuentran codificadas con horas de anticipación.
- Las actividades N°24 y N°27 se convierten a externas de manera parcial utilizando la técnica de materiales continuos, en este caso se logra reducir el tiempo utilizado en el cambio de bobinas. El procedimiento es pegar el final de la bobina anterior con el inicio de la siguiente bobina, de esta manera no es necesario hacer pasar el extremo de las nuevas etiquetas a través de los rodillos y tampoco desperdiciar el tiempo centrando la etiqueta ya que al juntar los extremos solo bastará con hacer funcionar la maquina unas cuantas veces y el nuevo rollo estará disponible para utilizar. Ver figura N° 4.3.

FIGURA N° 4.3 TÉCNICA DE LOS MATERIALES CONTINUOS



Fuente: Elaboración propia



CUADRO N° 4.8 ACTIVIDADES A CONVERTIR DEL ABASTECEDOR

Secuencia	Actividades - Abastecedor	Comentario
2	Traslada los sobrantes de los materiales hacia el almacén	convertir
3	Traslada los materiales de la siguiente producción a la línea de envasado	convertir

Fuente: Elaboración propia

- Analizando el proceso productivo, la actividad N°2 y N°3 del abastecedor no es necesario que se ejecute solo cuando la máquina esta parada o hay cambio de formato. Estos traslados pueden realizarse antes o después del cambio de formato.
- En la actividad N°3, los materiales de la siguiente producción pueden ser trasladados hacia la línea, anticipadamente al cambio de formato.
- En la actividad N°2, los materiales sobrantes de la producción que está acabando pueden ser colocados momentáneamente cerca de la línea y una vez que termina el cambio de formato son trasladados hacia el almacén.

Finalmente, luego de esta etapa, se han logrado convertir actividades que se realizan de manera interna en externas, y los cuadros con las actividades del técnico (Cuadro N° 4.9) y abastecedor (Cuadro N° 4.10) se muestran a continuación.

CUADRO N° 4.9 CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DEL TÉCNICO DE  
LINEA LUEGO DE LA ETAPA 1

Secuencia	Actividades - Técnico de línea	O. Int	O. Ext
1	<b>En la zona de lavado de máquinas prepara una mezcla en un balde de 10 L, que consiste en llenar agua des ionizada a la mitad y alcohol al 70% hasta completar el balde y lo lleva a la zona de envasado</b>		<b>X</b>
2	Desconecta la manguera #1 del tanque vacío y coloca el extremo en el balde de mezcla de alcohol con agua	X	
3	Desconecta el codo del tanque y lo lleva a la zona de lavado de máquinas	X	
4	Coloca una bolsa plástica en el pico de la maquina envasadora, para que se deposite el alcohol de lavado	X	
5	1era Purga: Activa mediante el sensor la maquina envasadora y circula la mezcla de alcohol con agua, con la finalidad de limpiar el excedente de bulk del producto anterior	X	
6	<b>Trae alcohol al 70% en una jarra de metal, aproximada mente 5 L</b>		<b>X</b>
7	Vuelve a circular la mezcla de alcohol con agua	X	
8	Lava el extremo de la manguera con la mezcla y cambia de recipiente por la jarra de alcohol al 70%	X	
9	2da Purga: Hace recircular por la manguera y la máquina el alcohol al 70%	X	
10	Traslada el tanque vacío de la zona de envasado hacia la zona de almacenamiento de bulk	X	
11	<b>Se traslada hacia la línea para consultar con el encargado, cuál es el siguiente producto programado para envasar</b>		<b>X</b>
12	Trae el siguiente tanque con el nuevo producto a envasar hacia la zona blanca de envasado.	X	

13	<b>Busca un codo limpio en la zona de lavado de máquinas para acoplar al tanque con el siguiente producto y lo lleva a la zona blanca de envasado</b>		<b>X</b>
14	Coloca el codo de metal limpio en el conector del tanque nuevo	X	
15	Mediante una abrazadera, conecta la manguera de la envasadora al codo de metal que ya está conectado al tanque	X	
16	3ra purga: Hace recircular por las mangueras y la máquina el bulk del producto nuevo	X	
17	Retira la bolsa con los desechos de la purga y los vierte en recipiente ubicado en la zona de tachos para desechos de bulk	X	
18	Limpia los restos de suciedad en la maquina envasadora	X	
19	Verifica que estén habilitados los materiales para el envasado (frascos, tapas y bolillas)	X	
20	Prueba el peso de las primeras unidades, se ajusta la carrera del pistón en caso fuera necesario	X	
21	Se envasan unidades de prueba, de ser necesario se realizan ajustes adicionales	X	
22	Se traslada hacia la zona gris o final de la línea	X	
23	<b>Verifica las bobinas de etiquetas las cuales deben estar codificadas con el lote previamente</b>		<b>X</b>
24	<b>Retira el tuco de la bobina de etiquetas del producto anterior e instala la nueva bobina en la Maquina etiquetadora #1, realiza los ajustes necesarios de centrado.</b>	X	<b>X</b>
25	Verifica el correcto funcionamiento de la máquina	X	
26	Se traslada hacia la Maquina etiquetadora #2	X	
27	<b>Retira el tuco de la bobina de etiquetas del producto anterior e instala la nueva bobina en la Maquina etiquetadora #2, realiza los ajustes necesarios de centrado.</b>	X	<b>X</b>
28	Verifica el correcto funcionamiento de la máquina	X	

Fuente: Elaboración propia

Nótese que en las actividades N°24 y N°27 del técnico de línea se han colocado aspas clasificándolas como actividades internas y externas a la vez, esto debido a que en esta etapa se logró reducir el tiempo, pero no convertirlo completamente en actividad externa.

CUADRO N° 4.10 CLASIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DEL ABASTECEDOR  
LUEGO DE LA ETAPA 1

Secuencia	Operaciones - Abastecedor	O. Int	O. Ext
1	Retira los componentes sobrantes (frascos, bolillas y tapas) de la línea y los coloca sobre un pallet	X	
2	<b>Traslada los sobrantes de los materiales hacia el almacén</b>		<b>X</b>
3	<b>Traslada los materiales de la siguiente producción a la línea de envasado</b>		<b>X</b>
4	Llena los frascos dentro de la tolva #1 hasta su límite de capacidad	X	
5	Sube las escaleras con las bolillas y las llena dentro de la tolva #2	X	
6	De la misma manera sube hacia la tolva #3 y llena las tapas de la producción que está por iniciar	X	
7	Se traslada hacia la zona de codificado de etiquetas	X	
8	Lleva las etiquetas de cuerpo y bidimensional hacia la zona de gris de la línea de envasado	X	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. Etapa 3: Perfeccionar el proceso de las actividades

En esta última etapa se tiene como objetivo reducir al mínimo el tiempo utilizado en las actividades que han quedado como internas, a continuación, se muestra el Cuadro N° 4.11 de las actividades con mayor potencial a reducir tiempos aplicando las técnicas descritas en la parte teórica.

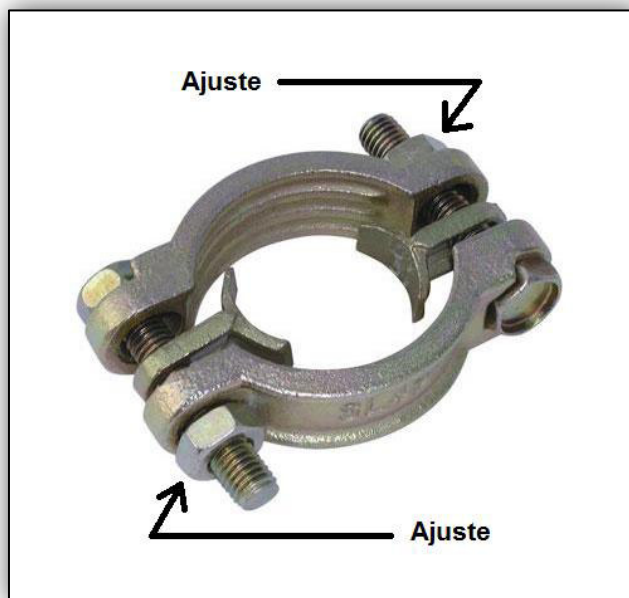
CUADRO N° 4.11 ACTIVIDADES A PERFECCIONAR

Secuencia	Actividades - Técnico de línea	Tiempo	Comentario
2	Desconecta la manguera #1 del tanque vacío y coloca el extremo en el balde de mezcla de alcohol con agua	00:00:48	Perfeccionar actividad
3	Desconecta el codo del tanque y lo lleva a la zona de lavado de máquinas	00:00:37	Perfeccionar actividad
10	Traslada el tanque vacío de la zona de envasado hacia la zona de almacenamiento de bulk	00:00:51	Perfeccionar actividad
12	Trae el siguiente tanque con el nuevo producto a envasar hacia la zona blanca de envasado.	00:00:43	Perfeccionar actividad
14	Coloca el codo de metal limpio en el conector del tanque nuevo	00:00:26	Perfeccionar actividad
15	Mediante una abrazadera, conecta la manguera de la envasadora al codo de metal que ya está conectado al tanque	00:01:04	Perfeccionar actividad
17	Retira la bolsa con los desechos de la purga y los vierte en recipiente ubicado en la zona de tachos para desechos de bulk	00:00:37	Perfeccionar actividad
19	Verifica que estén habilitados los materiales para el envasado (frascos, tapas y bolillas)	00:00:15	Perfeccionar actividad
22	Se traslada hacia la zona gris o final de la línea	00:00:46	Perfeccionar actividad

Fuente: Elaboración propia

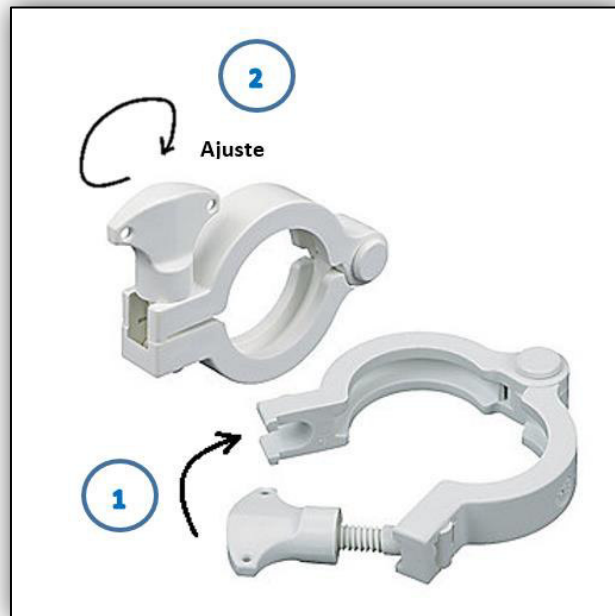
- La actividad N°2 y N°15 se realizan mediante la utilización de una abrazadera de ajuste con dos tornillos que se muestra en la Figura N° 4.4 , sin embargo se puede reducir el tiempo aplicando las técnicas de anclajes funcionales y en específico de fijación en una sola vuelta, para esto se propone cambiar la abrazadera utilizada actualmente por una con bisagra y solo un tornillo que se muestra en la Figura N° 4.5 , la diferencia está en que la primera requiere de tiempo de ajuste en las tuercas insertadas en dos tornillos comunes y la utilización de una herramienta, mientras que en la segunda basta con cerrar y ajustar en un solo punto de manera manual y sin usar llaves ni otras herramientas.

FIGURA N° 4.4 ABRAZADERA DE DOBLE AJUSTE



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 4.5 ABRAZADERA CON BISAGRA



Fuente: Elaboración propia

- Las actividades N°3, 10, 12, 14, 17 y 19 se pueden perfeccionar aplicando la técnica de actividades en paralelo, ya que pueden ser transferidas al abastecedor quien realiza actividades solamente de habilitar componentes y reabastecer a medida que se va agotando el stock en el punto de uso, durante el cambio de formato se puede apreciar que sus actividades tienen un tiempo total de duración de 04 minutos con 56 segundos. (Ver Cuadro N° 4.3).

Desde este punto de vista las actividades se deben acomodar dentro de la rutina del abastecedor y priorizar actividades de modo que tanto el técnico como el abastecedor trabajen como equipo.

Es importante mencionar también, que de ser necesario se debe capacitar al abastecedor para realizar las funciones que antes realizaba el técnico:

- Conectar y desconectar los codos de los tanques, usando guantes esterilizados con alcohol de 70°
- Trasladar tanques con bulk de las órdenes por envasar hacia la línea
- La actividad N°22 se puede perfeccionar mediante el cambio de políticas sobre el tránsito de operarios dentro de las zonas de envasado.

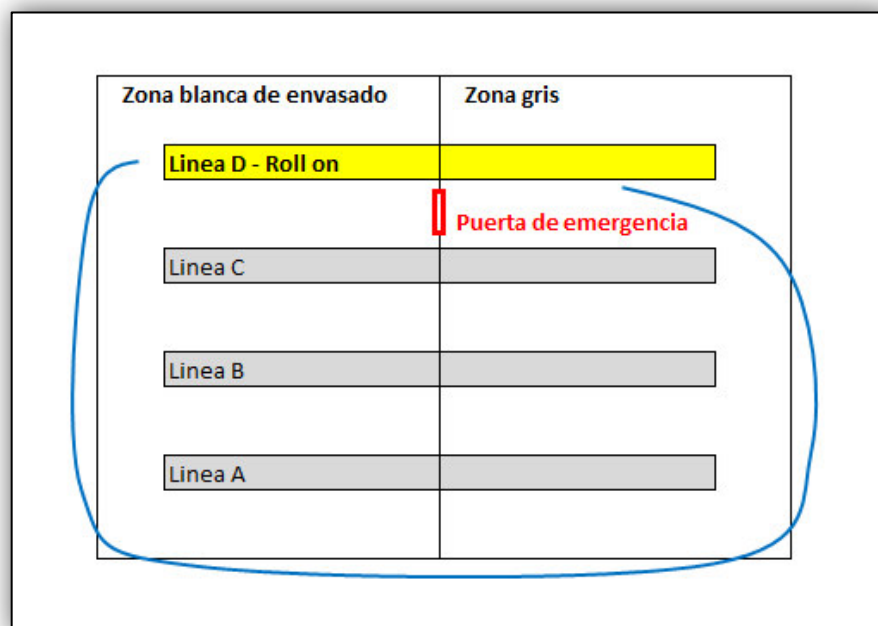
Entre la zona blanca y zona gris se tiene ubicada una salida de emergencia (Ver Figura N° 4.6), sin embargo, esta puerta no puede ser utilizada en otros casos pues su uso como una puerta común pondría en riesgo la inocuidad y limpieza de la zona blanca.

Se propone designar únicamente al técnico como persona autorizada para transitar por estas puertas (Figura N° 4.7) y evaluar su impacto en el riesgo de inocuidad y limpieza del área, de existir algún riesgo implementar por ejemplo la colocación de cortinas de aire y cortinas hawaianas para evitar cualquier riesgo de ingreso de partículas extrañas o contaminantes.

Finalmente luego de aplicar las técnicas para perfeccionar las actividades, tenemos el Cuadro N°4.12 con las actividades internas realizadas por el técnico y el Cuadro N° 4.13 con las actividades realizadas por el abastecedor.

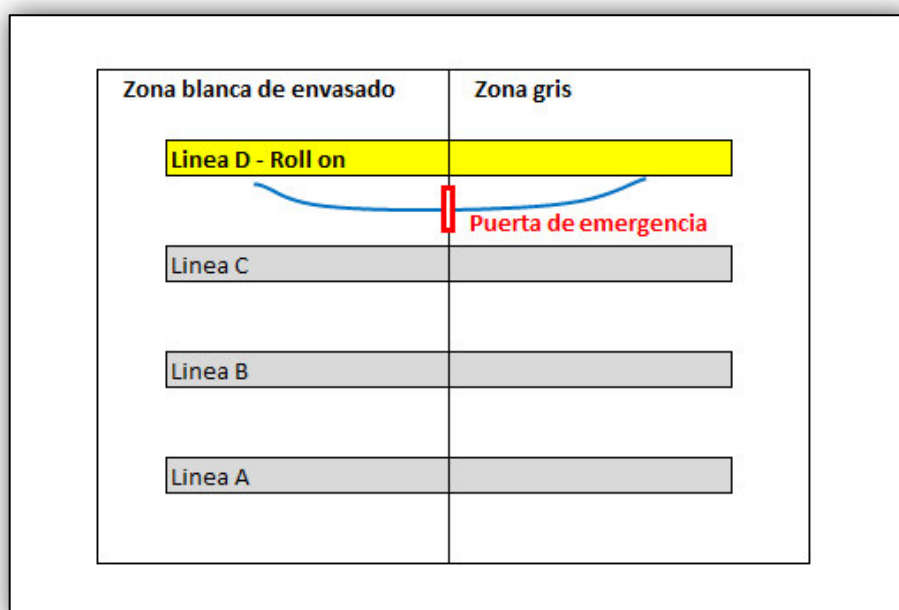


FIGURA N° 4.6 TRASLADO REALIZADO POR EL TÉCNICO



Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 4.7 PROPUESTA DE TRASLADO DE TÉCNICO



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 4.12 ACTIVIDADES DEL TECNICO LUEGO DEL  
PERFECCIONAMIENTO

Secuencia	Actividades - Técnico de línea	Tiempo
2	<b>Desconecta la manguera #1 del tanque vacío y coloca el extremo en el balde de mezcla de alcohol con agua</b>	<b>00:00:29</b>
4	Coloca una bolsa plástica en el pico de la maquina envasadora, para que se deposite el alcohol de lavado	00:00:20
5	1era Purga: Activa mediante el sensor la maquina envasadora y circula la mezcla de alcohol con agua, con la finalidad de limpiar el excedente de bulk del producto anterior	00:01:39
7	Vuelve a circular la mezcla de alcohol con agua	00:00:14
8	Lava el extremo de la manguera con la mezcla y cambia de recipiente por la jarra de alcohol al 70%	00:00:23
9	2da Purga: Hace recircular por la manguera y la máquina el alcohol al 70%	00:00:53
15	<b>Mediante una abrazadera, conecta la manguera de la envasadora al codo de metal que ya está conectado al tanque</b>	<b>00:00:45</b>
16	3ra purga: Hace recircular por las mangueras y la máquina el bulk del producto nuevo	00:01:14
18	Limpia los restos de suciedad en la maquina envasadora	00:00:50
20	Prueba el peso de las primeras unidades, se ajusta la carrera del pistón en caso fuera necesario	00:00:17
21	Se envasan unidades de prueba, de ser necesario se realizan ajustes adicionales	00:00:18
22	<b>Se traslada hacia la zona gris o final de la línea</b>	<b>00:00:21</b>
24	Retira el tucó de la bobina de etiquetas del producto anterior e instala la nueva bobina en la Maquina etiquetadora #1, realiza los ajustes necesarios de centrado.	00:01:24
25	Verifica el correcto funcionamiento de la maquina	00:00:26
26	Se traslada hacia la Maquina etiquetadora #2	00:00:11

27	Retira el tuco de la bobina de etiquetas del producto anterior e instala la nueva bobina en la Máquina etiquetadora #2, realiza los ajustes necesarios de centrado.	00:01:41
28	Verifica el correcto funcionamiento de la máquina	00:00:14
<b>Tiempo total</b>		<b>00:11:39</b>

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 4.13 ACTIVIDADES DEL ABASTECEDOR LUEGO DEL  
PERFECCIONAMIENTO

Secuencia	Actividades - Abastecedor	Tiempo	Comentario
3	<b>Desconecta el codo del tanque y lo lleva a la zona de lavado de máquinas</b>	<b>00:00:37</b>	transferido del técnico
10	<b>Traslada el tanque vacío de la zona de envasado hacia la zona de almacenamiento de bulk</b>	<b>00:00:51</b>	transferido del técnico
12	<b>Trae el siguiente tanque con el nuevo producto a envasar hacia la zona blanca de envasado.</b>	<b>00:00:43</b>	transferido del técnico
14	<b>Coloca el codo de metal limpio en el conector del tanque nuevo</b>	<b>00:00:26</b>	transferido del técnico
1	Retira los componentes sobrantes (frascos, bolillas y tapas) de la línea y los coloca sobre un pallet	00:01:11	
4	Llena los frascos dentro de la tolva #1 hasta su límite de capacidad	00:00:26	
5	Sube las escaleras con las bolillas y la llena dentro de la tolva #2	00:00:31	
6	De la misma manera sube hacia la tolva #3 y llena las tapas de la producción que está por iniciar	00:00:27	
19	<b>Verifica que estén habilitados los materiales para el envasado (frascos, tapas y bolillas)</b>	<b>00:00:15</b>	transferido del técnico
7	Se traslada hacia la zona de codificado de etiquetas	00:00:20	

8	Lleva las etiquetas de cuerpo y bidimensional hacia la zona de gris de la línea de envasado	00:00:38	
17	<b>Retira la bolsa con los desechos de la purga y los vierte en recipiente ubicado en la zona de tachos para desechos de bulk</b>	<b>00:00:37</b>	transferido del técnico
	<b>Tiempo total</b>	<b>00:07:02</b>	

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO V**

### **EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO**

Para realizar la evaluación económica de la propuesta debemos primero calcular los costos asociados a la implementación, para lo cual necesitamos saber los costos de personal, estimar los costos de comprar materiales necesarios, monitoreo de la ejecución y costos de modificación en procedimientos de la empresa.

Luego cuantificaremos el ahorro anual generado, a partir de la diferencia en el tiempo de cambio de formato antes y después de la implementación. Con estos datos podremos desarrollar el flujo de caja y saber si es rentable o no la propuesta a través de los indicadores VAN y TIR.

### 5.1. Costos de personal

Para calcular los costos de capacitación tomamos como base los salarios de operarios, técnicos de mantenimiento, supervisores de producción, supervisores de mantenimiento y Jefes de Manufactura, de acuerdo al Cuadro N° 5.1.

Para el caso de los operarios se considera el salario mínimo vital, que de acuerdo al D.S N° 005-2016-TR es de S/.850.00 nuevos soles vigente a partir del 01 de mayo de 2016.

CUADRO N° 5.1 COSTO DE HORAS HOMBRE SEGÚN PUESTO DE TRABAJO

Puesto	Sueldo	Días / mes	Horas/día	Costo Hr-h
Operario Industrial	S/. 850.00	26	8	<b>S/. 4.09</b>
Técnico de mantenimiento	S/. 1,300.00	26	8	<b>S/. 6.25</b>
Supervisor producción / mantenimiento	S/. 3,000.00	26	8	<b>S/. 14.42</b>
Jefe de Manufactura	S/. 5,000.00	21	10	<b>S/. 23.81</b>

Fuente: Elaboración propia

## **5.2. Costos de implementación**

En los costos necesarios para la implementación, se considerará una capacitación de dos horas a todos los involucrados en el proceso productivo de rollón, desde operarios hasta Jefes, en la cual se desarrollará la estrategia para reducir los tiempos de cambio de formato utilizando la metodología SMED, se está considerando que esta capacitación tendrá una frecuencia semestral.

Los materiales necesarios para ejecutar la propuesta como se vio en el capítulo anterior son la cubeta doble para transportar las mezclas de alcohol de lavado, también las micas de resina para visualizar el programa de envasado en el inicio de la línea y las abrazaderas con bisagra para reducir los tiempos de ajuste.

Está considerado también el monitoreo realizado por parte del supervisor de mantenimiento y el supervisor de producción a cargo de la línea de rollón, que como mínimo deben hacer el seguimiento de 1 hora diaria para supervisar el cumplimiento de las actividades con la nueva propuesta.

Se considera también costos que solo se aplicarán al primer año de la ejecución de la propuesta, los cuales son las reuniones semanales de una hora para medir el avance en la ejecución del SMED, y el costo de elaborar una nueva versión de los procedimientos de cambio de formato y flujo de tránsito en planta. Todo lo anterior mencionado se detalla en el Cuadro N° 5.2.

CUADRO N° 5.2 DETALLE DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

	Descripción	Cant.	Freq.	Fact.	Costo U.	Total
<b>Capacitación (4 horas)</b>	Capacitador SMED	1	Semestral	2	S/. 300.00	S/. 600.00
	Operario	52	Semestral	2	S/. 16.35	S/. 1,700.00
	Técnico de mantenimiento	4	Semestral	2	S/. 25.00	S/. 200.00
	Supervisor de producción	3	Semestral	2	S/. 57.69	S/. 346.15
	Supervisor de mantenimiento	1	Semestral	2	S/. 57.69	S/. 115.38
	Jefe de Manufactura	1	Semestral	2	S/. 95.24	S/. 190.48
<b>Materiales y utensilios</b>	Cubeta doble	1	Trimestral	4	S/. 25.00	S/. 100.00
	Micas de resina	2	Semestral	2	S/. 15.00	S/. 60.00
	Abrazaderas con bisagra	2	Bimestral	6	S/. 32.00	S/. 384.00
<b>Monitoreo de la ejecución SMED (1 hora)</b>	Supervisor de línea Rollón	1	Diario	300	S/. 14.42	S/. 4,326.92
	Supervisor de mantenimiento	1	Diario	300	S/. 14.42	S/. 4,326.92
<b>Reunión de resultados (1 hora) * solo el primer año</b>	Supervisor de producción	3	Semanal	52	S/. 14.42	S/. 2,250.00
	Supervisor de mantenimiento	1	Semanal	52	S/. 14.42	S/. 750.00
	Jefe de Manufactura	1	Semanal	52	S/. 23.81	S/. 1,238.10
<b>Actualización de procedimientos * solo el primer año</b>	Elaboración de nuevas versiones que incluyan los cambios realizados	1	Anual	1	S/. 1,148.81	S/. 1,148.81
<b>Costo Total</b>						<b>S/. 16,587.96</b>

Fuente: Elaboración propia



### 5.3. Ahorro generado por la implementación

El ahorro se calcula teniendo en cuenta el nuevo tiempo de cambio de formato logrado con la aplicación de la propuesta, del capítulo anterior hemos obtenido que el tiempo mejorado después de aplicar la metodología SMED es de 11.65 minutos; esto hace un ahorro de 9.12 minutos en cada cambio de formato como se muestra en el Cuadro N°5.3.

CUADRO N° 5.3 RESUMEN DEL TIEMPO DE CAMBIO DE FORMATO

Actividad	Cantidad
Tiempo de cambio de formato inicial	20.77 minutos
Tiempo de cambio de formato luego de aplicar SMED	11.65 minutos
<b>Reducción del tiempo</b>	<b>9.12 minutos</b>

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro N° 5.4 se muestra la data proporcionada por la empresa, en la cual se puede observar la producción mensual en unidades para cada tipología de producto desde enero del 2016 hasta febrero del 2017. La tipología de rollones es la segunda con mayor porcentaje sobre el total de unidades producidas al año, lo cual representa un 27.2%.

Asimismo, de este cuadro obtenemos las cantidades de producción promedio mensual para todas las tipologías, y para el caso específico del rollón asciende a 198,261 unidades mensuales en promedio.

CUADRO N° 5.4 PRODUCCIÓN MENSUAL POR TIPOLOGÍA DE PRODUCTO (en unidades)

Tipologías	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16
Emulsiones	304,963	277,462	267,747	323,079	227,252	390,145	333,248
Rollones	223,500	96,028	111,500	173,250	253,466	166,000	226,812
Lociones	87,553	79,309	45,010	133,737	117,616	101,400	122,950
Tubos	156,333	21,900	52,500	94,490	49,200	31,000	43,500
Colonias	25,100	11,050	27,690	21,850	25,650	29,450	29,400
Potes	61,000	4,000	3,200	17,000	14,000	47,300	28,000

Tipologías	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	Total general	Promedio mensual	%
Emulsiones	475,144	409,692	352,895	321,878	263,122	329,942	152,999	4'429,568	316,398	43.3%
Rollones	310,500	236,100	192,250	229,000	180,500	253,500	123,250	2'775,656	198,261	27.2%
Lociones	128,597	127,438	85,855	64,760	94,015	96,300	35,900	1'320,440	94,317	12.9%
Tubos	86,654	77,858	62,194	66,200	56,300	70,681	53,300	922,110	65,865	9.0%
Colonias	58,200	32,250	21,200	47,888	36,300	34,550	11,200	411,778	29,413	4.0%
Potes	25,300	23,250	29,600	42,600	12,000	44,000	8,200	359,450	25,675	3.5%
							<b>TOTAL</b>	<b>10'219,002</b>		

Fuente: Elaboración propia con información histórica de la empresa

Con los datos de los Cuadros N° 5.3 y 5.4, procedemos a realizar el cálculo del ahorro anual (Ver Cuadro N° 5.5), primero calculamos la cantidad de lotes producidos por mes que resulta de dividir el promedio de unidades producidas por mes entre el tamaño estándar del lote definido por la empresa, con lo cual obtenemos que se manufacturan 22.53 lotes mensuales en promedio.

Luego calculamos las unidades adicionales por cada lote; bajo la premisa que para iniciar la producción de cada lote tenemos que realizar un cambio de formato, entonces las unidades adicionales resultan de multiplicar el tiempo ahorrado por cada lote (0.152 horas) por los UPH de la línea, lo que nos da un total de 547.20 unidades.

Ahora multiplicamos las unidades de cada lote por la cantidad de lotes por mes, después por 12 meses del año y finalmente multiplicamos por la ganancia unitaria de rollón con lo cual obtenemos S/. 26,628.98 de ahorro anual.

CUADRO N° 5.5 CÁLCULO DEL AHORRO ANUAL

Datos de producción	Cantidad	Unidad
Promedio producción mensual	198,261.00	unidades
Tamaño de lote	8,800.00	unidades
<b>Cant. de lotes por mes</b>	<b>22.53</b>	<b>lotes</b>
Tiempo ahorrado por cada lote	9.12	minutos
UPH de la línea	3,600.00	unid / hora
<b>Un. Adicionales x lote</b>	<b>547.20</b>	<b>unidades</b>
<b>Un. Adicionales x mes</b>	<b>12,328.23</b>	<b>unidades</b>
<b>Un. Adicionales x año</b>	<b>147,938.75</b>	<b>unidades</b>
Ganancia por unidad de rollón	0.18	Nuevos soles
<b>Ahorro por año</b>	<b>26,628.98</b>	<b>Nuevos soles</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4. Flujo de caja

En el Cuadro N° 5.6 podemos apreciar cómo se desarrolla el flujo de caja a lo largo de 4 años después de haberse implementado la propuesta, se considera en los ingresos totales el ahorro calculado por año; en los costos se ha considerado para el año 0 el costo total del cuadro N° 5.2 y partir del año 1 se considera solo los costos de capacitación, materiales y monitoreo de la ejecución SMED.

Tomando como premisa una tasa de descuento del 20% se calculan los indicadores económicos VAN y TIR que nos ayudarán con la toma de decisiones para la propuesta del presente estudio.

CUADRO N° 5.6 FLUJO DE CAJA

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
<b>Ingresos</b>					
<b>Total ingresos</b>	S/. -	S/. 26,628.98	S/. 26,628.98	S/. 26,628.98	S/. 26,628.98
<b>Egresos</b>					
<b>Costos de implementación</b>	S/. 16,587.96	S/. 12,349.86	S/. 12,349.86	S/. 12,349.86	S/. 12,349.86
<b>Total egresos</b>	S/. 16,587.96	S/. 12,349.86	S/. 12,349.86	S/. 12,349.86	S/. 12,349.86
<b>Flujo de efectivo</b>	-S/. 16,587.96	S/. 14,279.11	S/. 14,279.11	S/. 14,279.11	S/. 14,279.11

<b>Tasa de descuento (COK)</b>	20%
--------------------------------	-----

<b>VAN</b>	S/. 20,376.88	Mayor que cero => Aceptar la propuesta
<b>TIR</b>	77%	Mayor que COK => Aceptar la propuesta

Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- El significado de SMED (Single Minute Exchange of die) indica que se debe reducir el tiempo hasta un solo dígito de minutos, es decir menos de 10 minutos, para nuestro caso de estudio se ha demostrado que se puede reducir de 20.77 a 11.65 minutos, esto es muy cercano al objetivo, sin embargo este tiempo podría ser mejorado aún más en un segundo estudio de aplicación SMED.
- La línea de envasado de desodorantes en rollón posee la mayor cantidad de horas hombre desperdiciadas: 277.11 horas hombre desperdiciadas al mes, lo que representa el 25% del tiempo total desperdiciado en el área.
- Mediante el estudio del caso en la línea de envasado de rollón se concluye que pequeños cambios pueden hacer grandes logros, ya que solo se debe invertir en algunos materiales necesarios y capacitación del personal para lograr un ahorro significativo anual.
- Luego de aplicar la metodología SMED se puede reducir el tiempo de cambio de formato hasta en 9.12 minutos por lote, lo que representa un ahorro en tiempo de 41.09 horas al año, este tiempo es equivalente a ahorrar S/. 26,628.98 al año.
- Luego de realizar la evaluación del impacto económico se concluye que la propuesta de aplicar la metodología SMED en la línea estudiada es rentable ya que el VAN = S/. 20,376.88 es positivo y el TIR= 77% es mayor que la tasa de rendimiento esperado (COK).

## RECOMENDACIONES

- El análisis realizado de la línea de desodorantes en rollón demuestra que se puede optimizar también las líneas de envasado de las demás tipologías en el área, teniendo en cuenta las características propias de cada una, por lo cual se recomienda tomar como base el presente estudio.
- Las personas que intervienen directamente en el cambio de formato son el técnico de línea y el abastecedor, por lo tanto, se les debe capacitar conjuntamente acerca del trabajo en equipo, y de cómo esto contribuye a lograr los objetivos planteados.
- Para lograr el objetivo de la implementación SMED, se debe concientizar a todo el personal operativo y reforzar constantemente su importancia, la nueva forma de trabajo debe formar un hábito en todos de manera que cuando se tenga personal nuevo, se pueda transmitir los conocimientos adquiridos.

## BIBLIOGRAFIA

- **Andía W. (2014)** Proyectos de inversión. Guía para su formulación y evaluación estratégica, 4ta edición, Editorial “Arte y Pluma”, Lima-Perú.
- **Archuleta R. (2014)** Tesis de Maestría: Reducción de tiempo de cambio de molde en máquina inyectora de moldeo de 3500 toneladas, en una planta fabricadora de interiores automotrices. Universidad de Sonora, México
- **Beltrán A., Cueva H. (2013)** Ejercicios de Evaluación privada de proyectos, Cuarta Edición, Centro de Investigación de la Universidad de Pacífico, Lima-Perú.
- **Carbonel J. (2015)** Formulación y evaluación de proyectos de inversión, Primera edición, Empresa editora MACRO E.I.R.L, Lima-Perú.
- **De la Jara P., Alvarez C. (2012)** Análisis y mejora de procesos en una empresa embotelladora de bebidas rehidratantes, Tesis para optar el título de Ingeniera Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima
- **Espín F. (2013)** Técnica SMED: reducción del tiempo de preparación

- **Mejía S. (2013)** Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones de ropa interior en una empresa textil mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta, Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- **SHINGO S. (1993)** Una revolución en la producción: El Sistema SMED. 3ra Ed. TGP Tecnologías de Gerencia y Producción S.A
- **Sapag N. (2011)** Proyectos de Inversión. Formulación y evaluación, 2da edición, Pearson Education, Chile.
- **Sapag N., Sapag R., Sapag J. (2014)** Preparación y Evaluación de Proyectos, Sexta edición, McGraw Hill / Interamericana Editores S.A, México DF.